

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы – Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Вал генератора волн»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Сун Вэньлинь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к. т. н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Былкова Т. В.	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01	Ефременков Е.А.	к. т. н.		

Томск – 2021 г.

# Результаты обучения

Код результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности).	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в

	отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства.
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)	
P9	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P10	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Отделение школы – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
(Подпись)      (Дата)                      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Сун Вэньлинь

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Вал генератора волн»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.04.2021г., №111-35_с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021г.
--	--------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Чертеж детали: вал генератора волн,      Тип производства: мелкосерийный.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор научно-технической литературы, определение типа производства, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени, конструирование специального приспособления.

<b>Перечень графического материала</b>	1. Чертеж детали, $A_3 \times 1$ 2. Размерный анализ, $A_1 \times 1$ 3. Технологический процесс изготовления детали, $A_1 \times 3$ 4. Чертеж приспособления. $A_2 \times 1$
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологический и конструкторский.	Коротков В.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Былкова Т. В.
Социальная ответственность	Сечин А.И.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	04.01.2021г.
---	--------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В. С.	к. т. н.		04.01.2021г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Сун Вэньлинь		04.01.2021г.

Томск – 2021 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 152 страниц пояснительной записки и 4 приложения, 25 таблицы, 37 рисунков, 5 источников.

Ключевые слова: вал генератора волн, операция, размерный анализ, режимы резания и приспособление.

Объектом исследования является вал генератора волн.

Цель работы – Согласно приведенным чертежам и годовой программой выпускай, разработать технологии изготовления вала генератора волн.

В работе изложено обоснование выполнения ВКР, выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определен тип производства, описан принцип выбора заготовки в соответствие с её материалом и серийностью производства, выполнен чертёж заготовки, расчёт размера и расчёт времени для выполнения каждой операции. Основные технико-эксплуатационные: точение; фрезерование; сверление; термообработка; кругло шлифование.

В работе также выполнен экономический анализ оценки деловой привлекательности представленной разработки, рассмотрены вопросы организации рабочего места на механическом участке.

## **THE REPORT**

The final qualification work contains 131 pages of explanatory note and 4 applicationы, 25 tables, 37 figures, 5 resources.

Key words: wave generator shaft, machining process, dimensional analysis, size calculation, cutting conditions and fixture.

The object of research is the shaft of the wave generator.

Purpose of the work - According to the given drawings and the annual program, release, develop technologies for manufacturing the shaft of the wave generator.

The work outlines the rationale for the implementation of the WRC, the analysis of the drawing of the part and its manufacturability is carried out, the type of production is determined, the principle of selecting the workpiece in accordance with its material and serial production is described, the drawing of the workpiece is made, the size calculation and the time calculation for each operation. Main technical and operational: turning; milling; drilling; heat treatment; circular grinding.

The work also carried out an economic analysis of the assessment of the business attractiveness of the presented development, considered the issues of organizing a workplace at a mechanical site.

## Содержание

<b>Введение.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Технологическая часть.....</b>	<b>13</b>
1.1 Исходные данные.....	13
1.2 Анализ технологичности конструкции детали .....	13
1.3 Определение типа производства .....	14
1.4 Выбор исходной заготовки.....	17
1.5 Разработка технологии изготовления детали.....	18
1.6 Размерный анализ технологического процесса .....	22
1.7 Расчет допусков, технологических размеров и конструкторских размеров.....	24
1.7.1 Определение допусков на осевые размеры.....	24
1.7.2 Определение допусков на диаметральные размеры .....	26
1.7.3 Определение допусков на конструкторские размеры .....	26
1.7.4 Расчет допусков и конструкторских размеров.....	28
1.8 Расчёт припусков на обработку заготовки.....	39
1.8.1 Расчет припусков на осевые размеры .....	39
1.8.2 Расчет припусков на диаметральные размеры.....	41
1.9 Расчёт режимов резания .....	45
1.10 Выбор оборудования и технологической процесса .....	73
1.11 Расчет основного времени .....	75
<b>2 Конструкторская часть .....</b>	<b>83</b>
2.1 Разработка технического задания на проектирование станочного приспособления ...	83
2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы.....	84
2.3 Описание конструкции и работы приспособления.....	84
2.4 Определение необходимой силы зажима.....	85



<b>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....</b>	<b>89</b>
3.1. Общая информация.....	89
3.2. Потенциальные потребители результатов исследования .....	89
3.3. Анализ конкурентных технических решений .....	90
3.4. SWOT-анализ .....	92
3.5. Планирование научно-исследовательских работ.....	96
3.5.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	96
3.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	97
3.6. Бюджет научно-технического исследования .....	100
3.6.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	101
3.6.2. Расчет амортизации специального оборудования .....	101
3.6.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	102
3.6.4 Бюджетная стоимость НИР .....	105
3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	105
Выводы:.....	106
<b>4. Социальная ответственность .....</b>	<b>109</b>
Введение.....	109
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	109
4.2. Производственная безопасность .....	111
4.2.1 Анализ условий труда на рабочем месте .....	111
4.2.2. Анализ показателей микроклимата .....	112
4.2.3. Анализ показателей шума и вибрации .....	113
4.2.4. Анализ освещенности рабочей зоны .....	115
4.2.5. Анализ электробезопасности.....	118

4.2.6. Анализ пожарной безопасности .....	119
4.3 Экологическая безопасность .....	121
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	122
<b>Заключение .....</b>	<b>124</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>125</b>
<b>Приложение А. Чертёж детали.....</b>	<b>126</b>
<b>Приложение Б. Размерный анализ.....</b>	<b>128</b>
<b>Приложение В. Техническая карта.....</b>	<b>130</b>
<b>Приложение Г. Приспособление.....</b>	<b>134</b>

## Введение

Волновые зубчатые передачи широко используется в различных устройствах, в том числе в роботизированных системах.

ВКР состоит из 4 частей: технологическая часть, конструкционная часть, часть финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения и часть социальной ответственности.

Методы исследования: анализ технологичности конструкции детали; разработать технологии изготовления вала генератора волн через калькуляцию и справочники.

В технологической части выполнен анализ технологичности конструкции детали, определение типа производства, выбор исходный заготовка, разработка маршрута технологии изготовления вала генератора волн, расчёт допусков и припусков, расчёт конструкторских и технологических размеров, расчёт режим резания, выбор средств оснащения и расчёт времени.

В конструкционной части выполнен разработка и проектирование приспособления для одной из операций механической обработки, определения силы закрепления и точности установки детали.

В части финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения проанализованы конкурентные технические решения и ресурсоэффективности, разработано проектирование и создание

конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В части социальной ответственности проводится анализы вредных и опасных факторов труда технолога, разработка мер защиты и мер предосторожности от них. В данной части рассмотрены вопросы производственная безопасность, охраны окружающей среды и пожарной профилактики, даются предложения созданию условий труда с ссылкой на соответствующий технический документ.

# 1. Технологическая часть

## 1.1 Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления изделия, представленного на рисунке. Годовая программа выпуска 15000 штук.

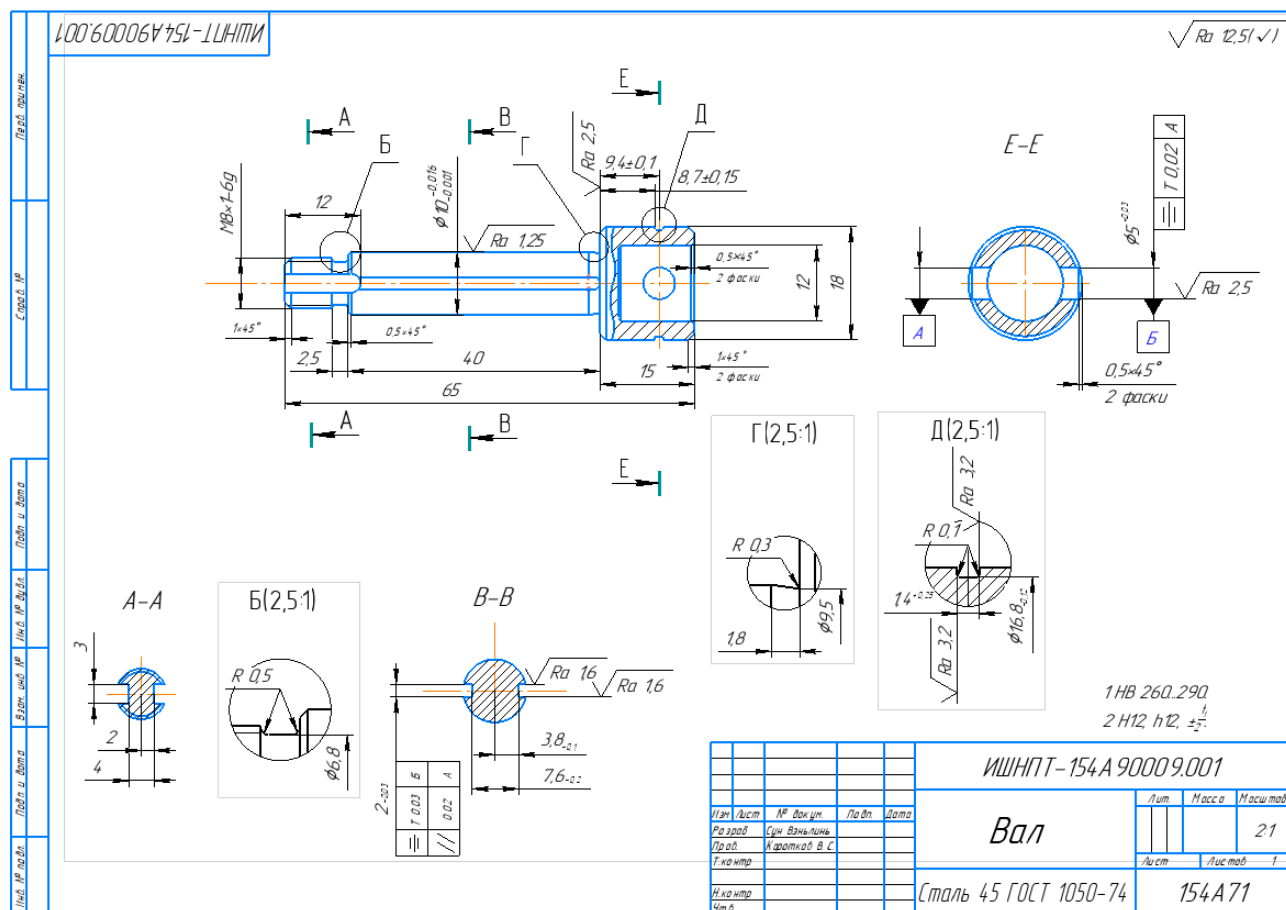


Рисунок 1.1 Чертеж детали

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «вал генератора волн» представляет собой тело вращения, материал из которого изготавливается стали 45 (ГОСТ 1050-74). Деталь в основном обрабатывается на токарном станке с ЧПУ и фрезерном станке с ЧПУ. Конструкционная сталь 45 применяется в промышленности: станкостроении, на производстве автомобилей и прочей техники, инструментов. Отличается хорошими характеристиками: высокой ударной прочностью, пластичностью,

устойчивостью к различным нагрузкам – статическим и динамическим.  
Применяемые сплавы-заменители: 40Х, 50, 50Г2.

Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Шероховатость поверхностей детали составляет Ra12,5, но в диаметре  $\phi 10_{-0,001}^{-0,016}$  составляет Ra1,25, в шпонке ширина  $2_{-0,03}$  составляет Ra1,6, в канавке ширина  $1,4^{+0,25}$  составляет Ra3,2 и в отверстии  $\phi 5^{+0,03}$  составляет Ra2,5. Число твердости детали HB260...290.

### 1.3 Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает отношение всех различных технологических операций  $K_{з.о}$ , определяем по формуле [1, стр. 19]:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}} \quad (1.1)$$

Где  $t_{в}$  – такт выпуска детали, мин.

$T_{ср}$  – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} \quad (1.2)$$

Где  $F_{г}$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{г}$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем при двухсменном режиме работы:  $F_{г} = 4029$  ч.

Тогда

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} = \frac{4029 \cdot 60}{15000} = 16,116 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} \quad (1.3)$$

Где  $T_{ш.к.i}$  штучно калькуляционное время  $i$ - ой основной операции, мин.

$n$  – количество основных операций.

Штучно-калькуляционное время [3.с147]

$$T_{ш-к} = \varphi_k T_0 \cdot 10^{-3} \quad (1.4)$$

Где  $T_0$ -основное технологическое время, мин. Основное технологическое время  $T_0$  определяем по таблицам 2.

$\varphi_k$ -коэффициент  $i$ -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства.

Таблица 2 - Формулы для определения норм основного времени

Наименование перехода	Основное время обработки, $T_0$ , мин
Отрезка	$0,00019 \cdot D^2$
Черновая подрезка торца	$0,000037 \cdot (D^2 - d^2)$
Черновое точение	$0,000075 \cdot dl$
Чистовое точение	$0,00017 \cdot dl$
Сверление отверстий	$0,00052 \cdot dl$
Рассверливание отверстий	$0,00052 \cdot dl$
Черновое растачивание отверстий	$0,00020 \cdot dl$
Растачивание отверстий	$0,00018 \cdot dl$
Фрезерование	$0,00701 \cdot dl$

Где  $d$ -диаметр обрабатываемой поверхности;

$D$ - диаметр обрабатываемого торца;

$l$ -длина обрабатываемой поверхности;

Для всё операции(Токарно с ЧПУ)  $\varphi_k=2,14$ .

Расчёт:

- Заготовительная. ( $\varphi_k = 2,14$ )

$$T_{00} = 0,19 D^2 \times 10^{-3} = 0,19 \times 22^2 \times 10^{-3} = 0,09$$

$$T_{\text{ш-к0}} = \varphi_k \times T_{00} = 0,20 \text{ мин}$$

- Токарная работа. ( $\varphi_k = 2,14$ )

$$\begin{aligned} T_{01} &= (0,037(D_1^2 - d_1^2) + 0,17d_2l_2 + 0,075d_3l_3 + 0,17d_4l_4 + 0,17d_5l_5 \\ &\quad + 0,17d_6l_6 + 0,17d_7l_7 + 0,17d_8l_8 + 0,17d_9l_9 + 0,17d_{10}l_{10} \\ &\quad + 0,17d_{11}l_{11}) \times 10^{-3} \\ &= (0,037(D_1^2 - d_1^2) + 0,17d_2l_2 + 0,075d_3l_3 + 0,17d_4l_4 + 0,17d_5l_5 \\ &\quad + 0,17d_6l_6 + 0,17d_7l_7 + 0,17d_8l_8 + 0,17d_9l_9 + 0,17d_{10}l_{10} \\ &\quad + 0,17d_{11}l_{11}) \cdot 10^{-3} = 0,20 \end{aligned}$$

$$T_{\text{ш-к1}} = \varphi_k \times T_{01} = 0,42 \text{ мин}$$

- Сверлильная работа. ( $\varphi_k = 1,72$ )

$$\begin{aligned} T_{02} &= (0,52d_1l_1 + 0,52d_2l_2 + 0,17d_3l_3 + 0,17d_4l_4) \times 10^{-3} \\ &= (0,52 \times 8 \times 12 + 0,52 \times 12 \times 12 + 0,17 \times 12 \times 0,5 + 0,17 \times 12 \\ &\quad \times 0,5) \times 10^{-3} = 0,13 \end{aligned}$$

$$T_{\text{ш-к2}} = \varphi_k \times T_{02} = 0,22 \text{ мин}$$

- Фрезерная работа. ( $\varphi_{k1} = 1,72$  ,  $\varphi_{k2} = 1,84$ )

$$\begin{aligned} T_{\text{ш-к3}} &= \varphi_k \times T_{03} \\ &= \varphi_{k1} \times (0,52d_1l_1 + 0,52d_2l_2) + \varphi_{k2} \times (7l_3 + 7l_4 + 7l_5 + 7l_6) \\ &\quad \times 10^{-3} \\ &= 1,72 \times (0,52 \times 5 \times 6 + 0,52 \times 5 \times 6) \times 10^{-3} + 1,84 \times (7 \times 12 \\ &\quad + 7 \times 12 + 7 \times 38 + 7 \times 38) \times 10^{-3} = 1,34 \text{ мин} \end{aligned}$$

- Слесарная работа.

$$T_{\text{ш-к4}} = T_{04} = 1 \text{ мин}$$

Среднее штучно – определяем по формуле (1.3):

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{шт.і}}}{n} = \frac{t_{\text{шт.0}} + t_{\text{шт.1}} + t_{\text{шт.2}} + t_{\text{шт.3}} + t_{\text{шт.4}}}{5} = 0,64 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по формуле 1.1:



$$K_{3,0} = \frac{t_B}{T_{cp}} = \frac{16,116}{0,64} = 25,18$$

Так как  $20 < K_{3,0} = 25,81 < 40$  , то есть тип производства: мелкосерийный.

#### 1. 4 Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 45), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам, мы выбираем прокат горячекатаный в качестве исходной заготовки.

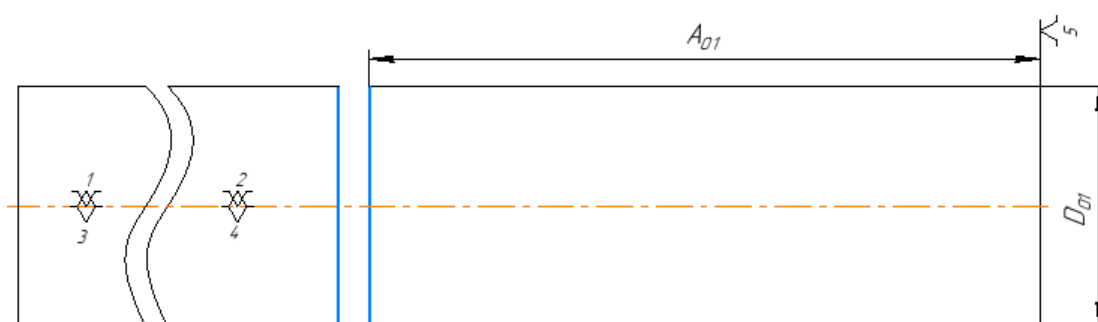


Рисунок 1.2 Эскиз заготовки

Таблица 1- Химический состав в% стали 45

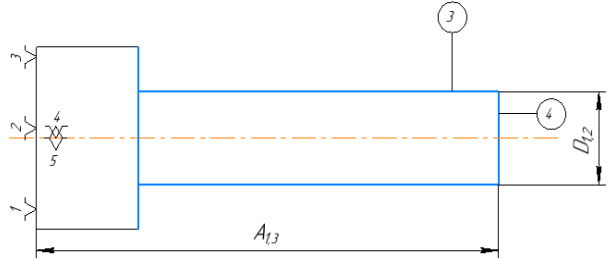
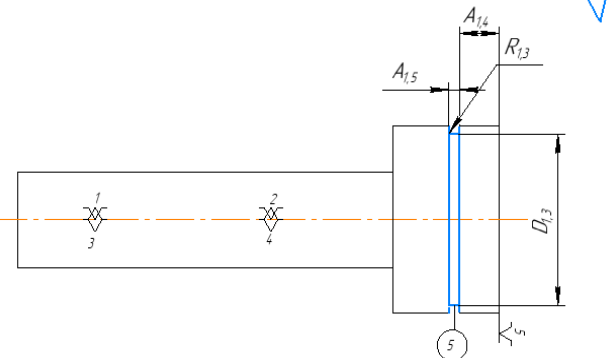
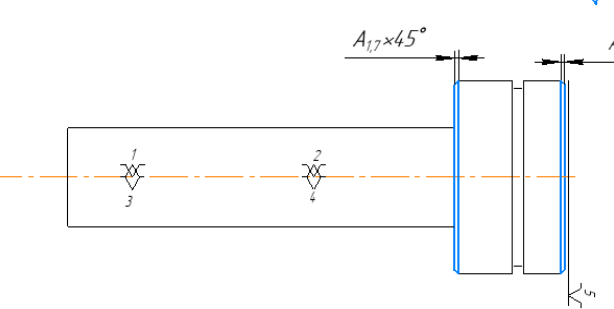
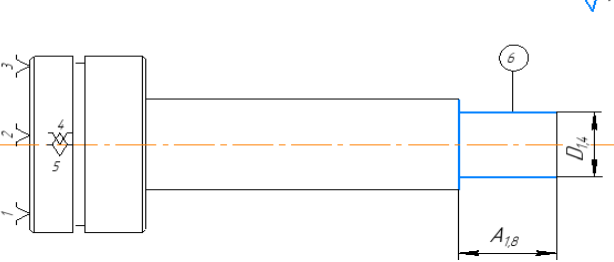
Химический элемент	%
Железо (Fe)	97
Углерод (C)	0,42 - 0,5
Хром (Cr), не более	до 0,25
Кремний (Si),	0,17 - 0,37
Марганец (Mn)	0,5 - 0,8
Мышьяк(As)	до 0,08
Никель (Ni), не более	до 0,25

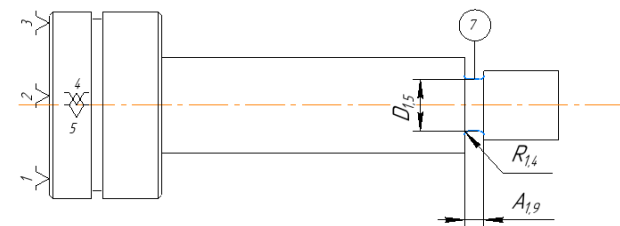
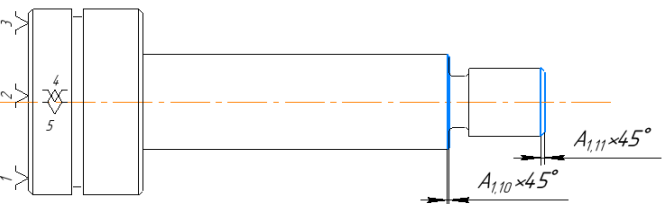
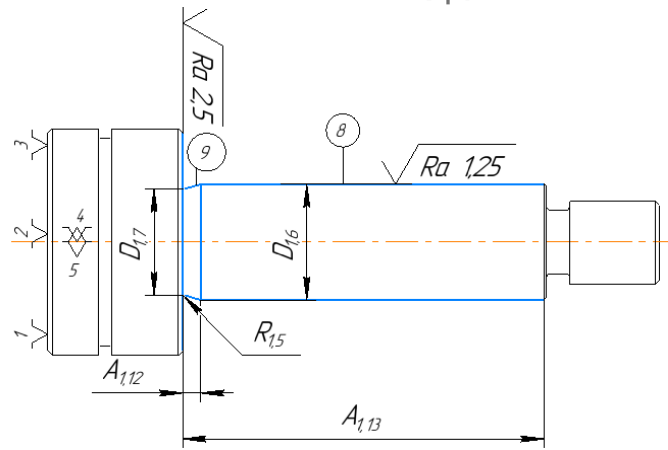
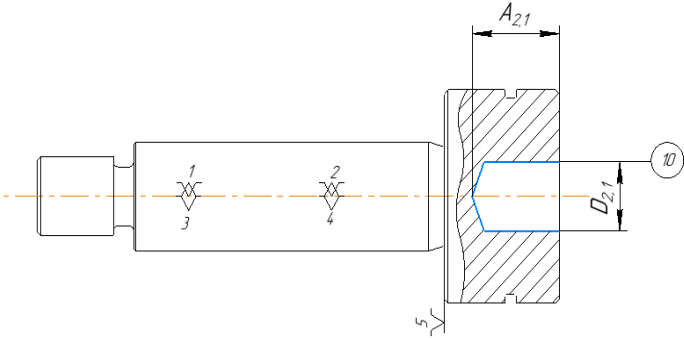
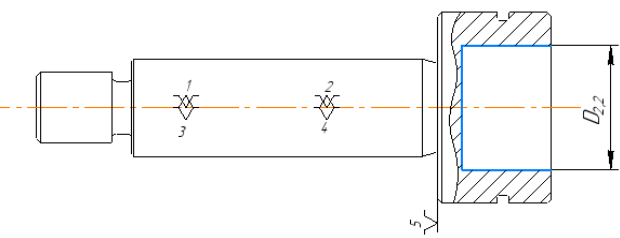
Сера (S), не более	до 0,04
Фосфор (P), не более	до 0,035
Медь (Cu), не более	до 0,25

### 1. 5 Разработка технологии изготовления детали

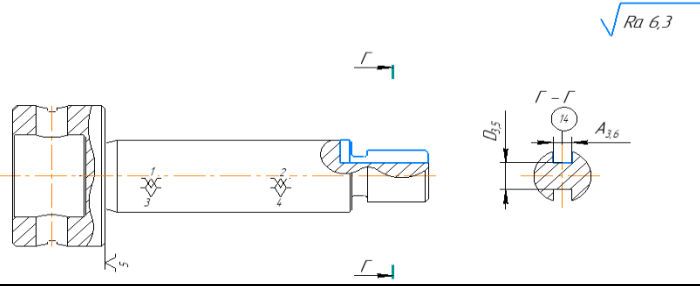
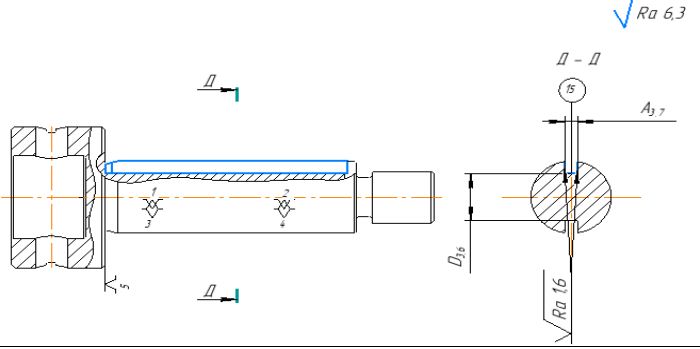
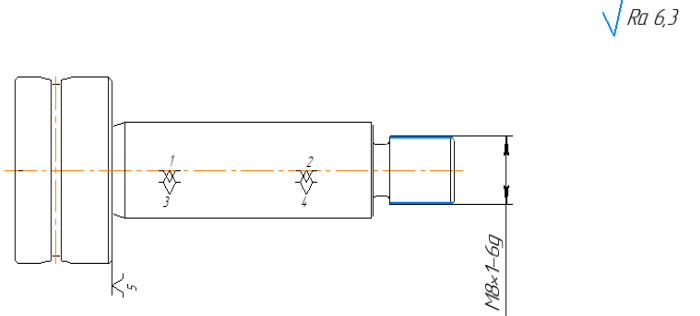
Таблица 2 – Маршрут технологии изготовления кулачковой полумуфты

Номер			Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операци	и	Установ	переход	
000	-	1	Заготовительная  Установить и снять прокат. Отрезать заготовку, выдержав размер $A_{0,1}$ и $D_{0,1}$ .	
005	A	1	Токарная с ЧПУ  Установить и снять заготовку. Подрезать торец ①, выдерживая размер $A_{1,1}$ .  Точить поверхность ② выдерживая размеры $A_{1,2}$ и $D_{1,1}$ .	

В	Б	1	Точить поверхность ③, выдерживая размер $D_{1,2}$ .  Подрезать торец ④  выдерживая размер $A_{1,3}$ .		$\sqrt{Ra\ 6,3}$
	В	1	Установить и снять заготовку. Точить канавку ⑤, выдержав размер $A_{1,4}$ , $A_{1,5}$ , $D_{1,3}$ и $R_{1,3}$ .		$\sqrt{Ra\ 6,3}$
		2	Точить фаски, выдерживая размер $A_{1,6} \times 45^\circ$ , $A_{1,7} \times 45^\circ$ .		$\sqrt{Ra\ 6,3}$
Г		1	Снять и установить заготовку.  Точить поверхность ⑥, выдерживая размер $A_{1,8}$ и $D_{1,4}$ .		$\sqrt{Ra\ 6,3}$

010	Д	2	Точить канавку ⑦, выдерживая размеры $A_{1,9}$ , $D_{1,5}$ и $R_{1,4}$ .	
		3	Точить фаски, выдерживая размер $A_{1,10} \times 45^\circ$ и $A_{1,11} \times 45^\circ$ .	
		4	Обточить поверхность ⑧, выдерживая размер $D_{1,6}$ .  Точить канавку ⑨, выдержав размер $A_{1,12}$ , $A_{1,13}$ , $D_{1,7}$ и $R_{1,5}$ .	
		1	Снять и установить заготовку. Сверлить отверстие ⑩, выдерживая размер $A_{2,1}$ и $D_{2,1}$ .	
		2	Растачивать отверстие, выдерживая размеры $D_{2,2}$ .	

		3	Точить фаску, выдерживая размер $A_{2,2} \times 45^\circ$ и $A_{2,3} \times 45^\circ$ .	
015	Е	1	Фрезерная с ЧПУ  Сверлить отверстие $\textcircled{11}$ , выдерживая размер $A_{3,1}$ и $D_{3,1}$ .	
		2	Шлифовать поверхность и точить фаски, выдерживая размер $D_{3,2}$ , $A_{3,2} \times 45^\circ$ и $A_{3,3} \times 45^\circ$ .	
	Ж	1	Снять и установить заготовку. Фрезеровать шпоночный паз $\textcircled{12}$ , выдерживая размеры $A_{3,4}$ , $D_{3,3}$ .	
		2	Фрезеровать шпоночный паз $\textcircled{13}$ , выдерживая размеры $A_{3,5}$ , $D_{3,4}$ .	

	3	1	Фрезеровать шпоночный паз (14), выдерживая размеры $A_{3,6}, D_{3,5}$ .	
		2	Фрезеровать шпоночный паз (15), выдерживая размеры $A_{3,7}, D_{3,6}$ .	
020	И	1	Слесарная  Установить и снять заготовку.  Нарезать резьбу $M8 \times 1-6g$ .	

## 1. 6 Размерный анализ технологического процесса

Расчётная схема изготовления детали является совокупностью технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа.

В соответствии с технологическим процессом изготовления «вала генератора волн» составляется габаритный чертёж (рисунок 1.3), который содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструктивные размеры, и будет проверяться на правильность в данной части.

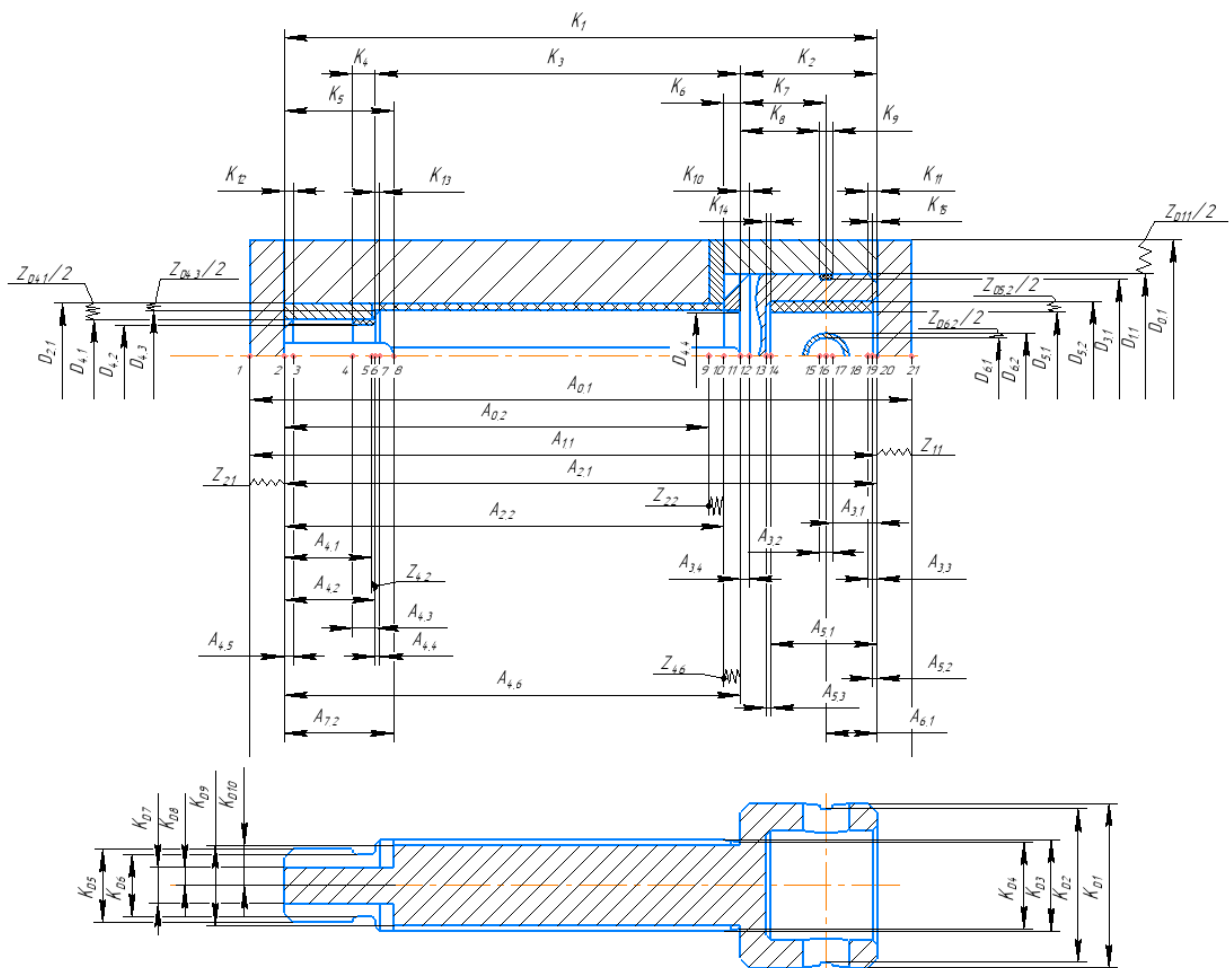


Рисунок 1.3 Размерная схема осевой сечения

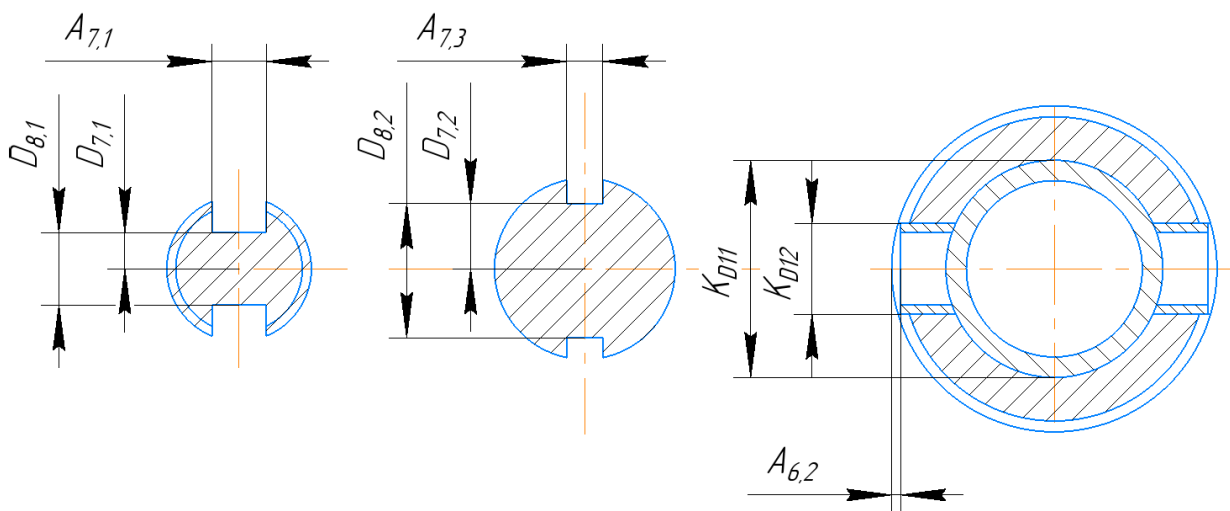


Рисунок 1.4 Размерная схема поперечной сечения



В соответствии с требованием размерная схема построена верно.

### 1.7.1 Определение допусков на осевые размеры

Допуск на размер после отрезки:

$$TA_{O_2} = (37)_{-0,250}^{+0} = 0,25\text{mm};$$



Допуски на осевые технологические размеры принимаются равными из [3, стр. 34]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{ui-1} + \varepsilon_{\delta i} \quad (1.5)$$

где  $\omega_{ci}$  - статическая погрешность, мм;

$\rho_{ui-1}$  - пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мм;

$\varepsilon_{\delta i}$  - погрешность базирования, мм.

Допуски на осевые технологические размеры:

$$TA_{1.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,2 + 0,05 + 0 = 0,25 \text{ мм};$$

$$TA_{2.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,2 + 0,05 + 0 = 0,25 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм};$$

$$TA_{3.3} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{3.4} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.3} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.4} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.5} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{4.6} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{5.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{5.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{5.3} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,1 + 0 + 0 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$TA_{6.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{6.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{7.1} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,06 + 0 + 0 = 0,06 \text{ мм.}$$

$$TA_{7.2} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0 + 0 = 0,12 \text{ мм.}$$

$$TA_{7.3} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} = 0,06 + 0 + 0 = 0,06 \text{ мм.}$$

### 1.7.2 Определение допусков на диаметральные размеры

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [2, стр. 38]:

$$TD_i = \omega_{ci}, \quad (1.6)$$

где  $\omega_{ci}$  - статическая погрешность, мм.

Допуск на размеры круглого проката:

$$TD_{0.1} = (21)_{-0,210}^0 = 0,21\text{мм}$$

Когда назначаем допуски, руководствуясь [2, стр. 74 П1]:

$$\text{Допуск } TD_{1.1} = (18)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{2.1} = (12)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{3.1} = (16,8)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{4.1} = (8)_{-0,10}^0 = 0,10\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{4.2} = (6,8)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{4.3} = (10)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{4.4} = (9,5)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{5.1} = (10)_0^{+0,10} = 0,10\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{5.2} = (12)_0^{+0,08} = 0,08\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{6.1} = (4)_0^{+0,10} = 0,10\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{6.2} = (5)_0^{+0,05} = 0,05\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{7.1} = (2)_{-0,12}^0 = 0,10\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{7.2} = (3,8)_{-0,06}^0 = 0,06\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{8.1} = (4)_{-0,12}^0 = 0,12\text{мм}$$

$$\text{Допуск } TD_{8.2} = (7,6)_{-0,06}^0 = 0,06\text{мм}$$

### 1.7.3 Определение допусков на конструкторские размеры

$$\text{Размер } K_1 = 65_{-0,300}^0. \text{ Допуск } TK_1 = 0,30\text{мм};$$

$$\text{Размер } K_2 = 15_{-0,250}^0. \text{ Допуск } TK_2 = 0,25\text{мм};$$

Размер  $K_3 = 40_{-0,250}^0$ . Допуск  $TK_3 = 0,25\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_4 = 2,5_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_4 = 0,12\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_5 = 12_0^{+0,180}$ . Допуск  $TK_5 = 0,18\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_6 = 1,8_{-0,250}^0$ . Допуск  $TK_6 = 0,25\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_7 = 9,4_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_7 = 0,15\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_8 = 8,7_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_8 = 0,15\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_9 = 1,4_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_9 = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{10} = 1_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_{10} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{11} = 1_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_{11} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{12} = 1_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_{12} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{13} = 0,5_{-0,050}^0$ . Допуск  $TK_{13} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{14} = 0,5_{-0,050}^0$ . Допуск  $TK_{14} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{15} = 0,5_{-0,050}^0$ . Допуск  $TK_{15} = 0,10\text{мм}$ ;  
 Размер  $K_{D1} = 18_{-0,180}^0$ . Допуск  $TK_{D1} = 0,18\text{мм}$   
 Размер  $K_{D2} = 16,8_{-0,180}^0$ . Допуск  $TK_{D2} = 0,18\text{мм}$   
 Размер  $K_{D3} = 10_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_{D3} = 0,15\text{мм}$   
 Размер  $K_{D4} = 9,5_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_{D4} = 0,15\text{мм}$   
 Размер  $K_{D5} = 8_{-0,150}^{+0}$ . Допуск  $TK_{D5} = 0,15\text{мм}$   
 Размер  $K_{D6} = 6,8_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_{D6} = 0,15 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D7} = 4_{-0,120}^0$ . Допуск  $TK_{D7} = 0,12 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D8} = 2_{-0,100}^0$ . Допуск  $TK_{D8} = 0,10 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D9} = 7,6_{-0,150}^0$ . Допуск  $TK_{D9} = 0,15 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D10} = 3,8_{-0,120}^0$ . Допуск  $TK_{D10} = 0,12 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D11} = 12_0^{+0,180}$ . Допуск  $TK_{D11} = 0,18 \text{ мм}$   
 Размер  $K_{D12} = 5_0^{+0,120}$ . Допуск  $TK_{D12} = 0,12 \text{ мм}$

### 1.7.4 Расчет допусков и конструкторских размеров

проверка обеспечения точности конструкторских размеров

При расчете максимального и минимального метода проверьте условия, чтобы обеспечить точность расчетных размеров по формуле [2, стр. 60]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i. \quad (1.6)$$

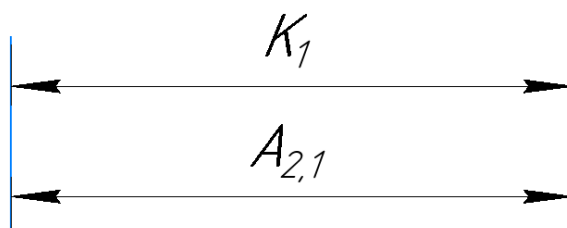


Рисунок 1.6 Размерная цепь для размера  $K_1$

$$K_1 = A_{2,1}$$

$$K_1 = 65_{-0,300}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_1 = 0,3 \text{ мм}; \quad TA_{2,1} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_1$  выдерживается непосредственно.

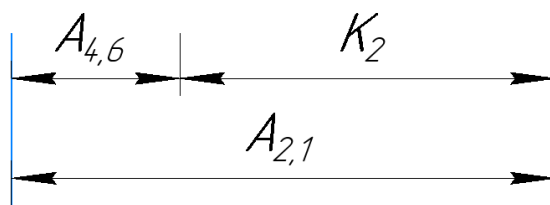


Рисунок 1.7 Размерная цепь для размера  $K_2$

$$K_2 = A_{2,1} - A_{4,6}$$

$$K_2 = 15_{-0,180}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_2 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{2,1} = 0,12 \text{ мм}; \quad TA_{4,6} = 12 \text{ мм}$$

Размер  $K_2$  выдерживается непосредственно.

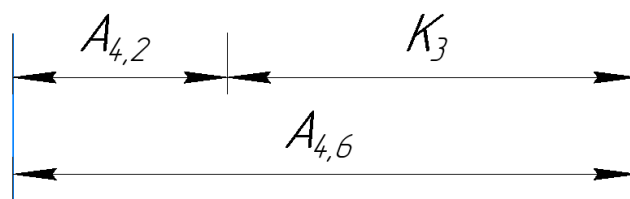


Рисунок 1.8 Размерная цепь для размера  $K_3$

$$K_3 = A_{4.6} - A_{4.2}$$

$$K_3 = 40_{-0,250}^0 \text{ мм}$$

$$TK_3 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{4.6} = 0,12 \text{ мм}; \quad TA_{4.2} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_3$  выдерживается непосредственно.

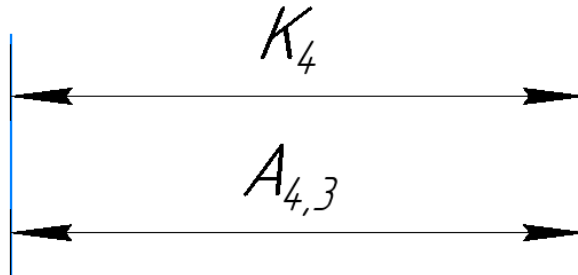


Рисунок 1.9 Размерная цепь для размера  $K_4$

$$K_4 = A_{4.3}$$

$$K_4 = 2,5_{-0,100}^0 \text{ мм}$$

$$TK_4 = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{4.3} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_4$  выдерживается непосредственно.

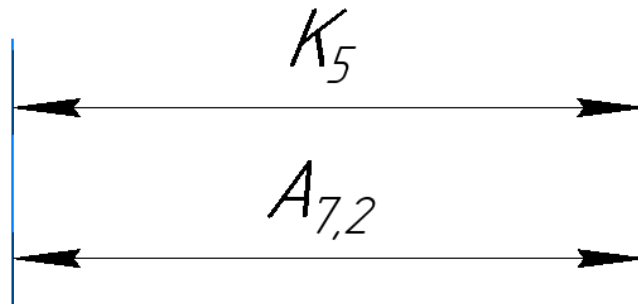


Рисунок 1.10 Размерная цепь для размера  $K_5$

$$K_5 = A_{7.2}$$

$$K_5 = 12_0^{+0,180} \text{ мм}$$

$$TK_5 = 0,18 \text{ мм}; \quad TA_{7.2} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_5$  выдерживается непосредственно.

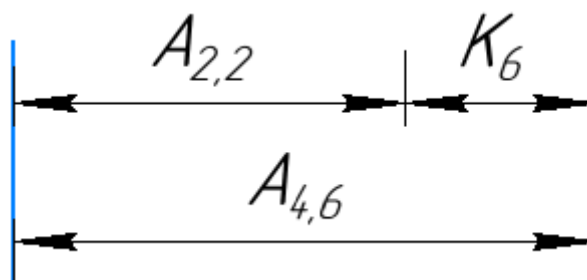


Рисунок 1.11 Размерная цепь для размера  $K_6$

$$K_6 = A_{4,6} - A_{2,2}$$

$$K_6 = 1,8_{-0,100}^0 \text{ мм}$$

$$TK_6 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{4,6} = 0,12 \text{ мм}; \quad TA_{2,2} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_6$  выдерживается непосредственно.

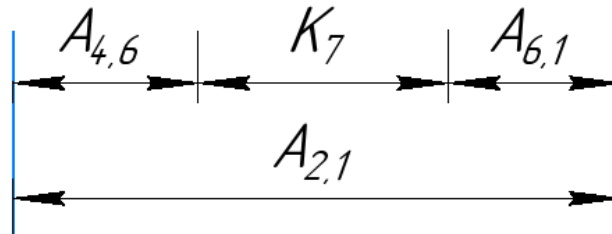


Рисунок 1.12 Размерная цепь для размера  $K_7$

$$K_7 = A_{2,1} - A_{4,6} - A_{6,1}$$

$$K_7 = 9,4_{-0,150}^0 \text{ мм}$$

$$TK_7 = 0,15 \text{ мм}; \quad TA_{2,1} = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{4,6} = 0,12 \text{ мм}; \quad TA_{6,1} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_7$  выдерживается непосредственно.

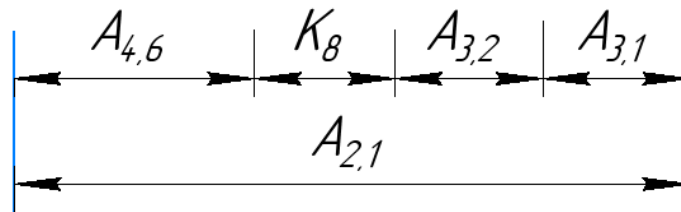


Рисунок 1.13 Размерная цепь для размера  $K_8$

$$K_8 = A_{2,1} - A_{4,6} - A_{3,2} - A_{3,1}$$

$$K_8 = 8,7_{-0,150}^0 \text{ мм}$$

$$TK_8 = 0,15 \text{ мм}; \quad TA_{2,1} = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{4,6} = 0,12 \text{ мм}; \quad TA_{3,2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3,1} = 0,12 \text{ мм};$$

Размер  $K_8$  выдерживается непосредственно.

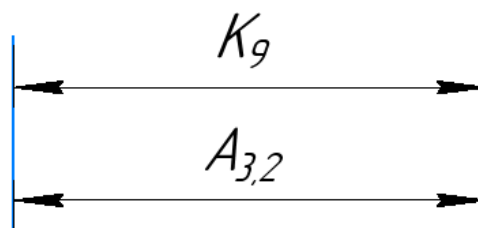


Рисунок 1.14 Размерная цепь для размера  $K_9$

$$K_9 = A_{3,2}$$

$$K_9 = 1,4_{-0,100}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_9 = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{3,2} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_9$  выдерживается непосредственно.

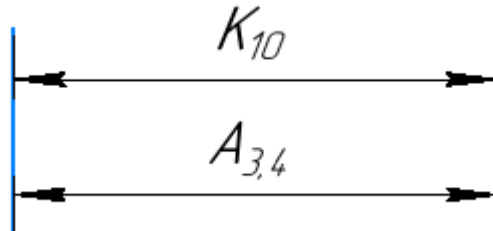


Рисунок 1.15 Размерная цепь для размера  $K_{10}$

$$K_{10} = A_{3,4}$$

$$K_{10} = 1_{-0,100}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_{10} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{3,4} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{10}$  выдерживается непосредственно.

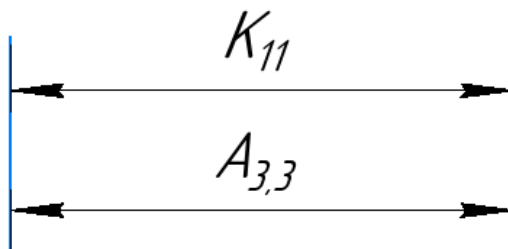


Рисунок 1.16 Размерная цепь для размера  $K_{11}$

$$K_{11} = A_{3,3}$$

$$K_{11} = 1_{-0,100}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_{11} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{3,3} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{11}$  выдерживается непосредственно.

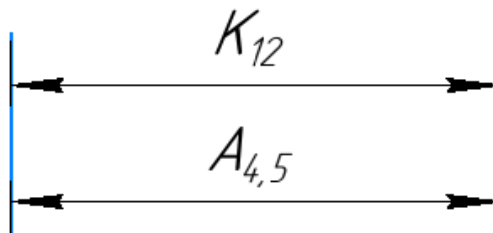


Рисунок 1.17 Размерная цепь для размера  $K_{12}$

$$K_{12} = A_{4.5}$$

$$K_{12} = 1_{-0,100}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_{12} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{4.5} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{12}$  выдерживается непосредственно.

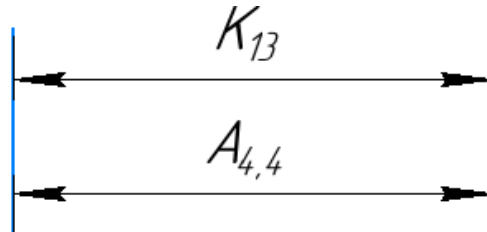


Рисунок 1.18 Размерная цепь для размера  $K_{13}$

$$K_{13} = A_{4.4}$$

$$K_{13} = 0,5_{-0,050}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_{13} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{4.4} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{13}$  выдерживается непосредственно.

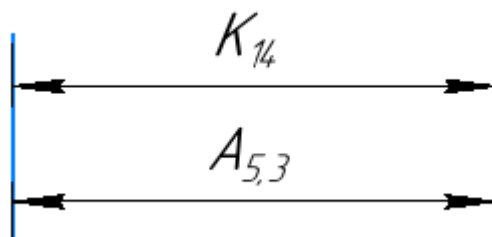


Рисунок 1.19 Размерная цепь для размера  $K_{14}$

$$K_{14} = A_{5.3}$$

$$K_{14} = 0,5_{-0,050}^{0} \text{ мм}$$

$$TK_{14} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{5.3} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{14}$  выдерживается непосредственно.

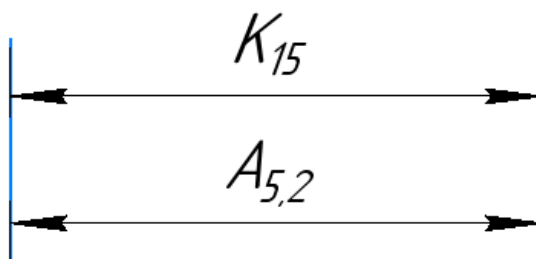


Рисунок 1.20 Размерная цепь для размера  $K_{15}$

$$K_{15} = A_{5.2}$$

$$K_{15} = 0,5_{-0,050}^{0} \text{ мм}$$



$$TK_{15} = 0,1 \text{ мм}; \quad TA_{5.2} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{15}$  выдерживается непосредственно.

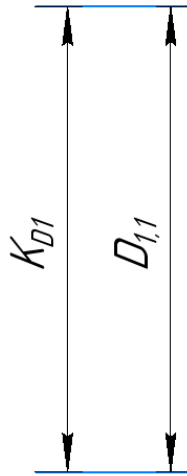


Рисунок 1.21 Размерная цепь для размера  $K_{D1}$

$$K_{D1} = D_{1.1}$$

$$K_{D1} = 18_{-0,180}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D1} = 0,18 \text{ мм}; \quad TD_{1.1} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D1}$  выдерживается непосредственно.

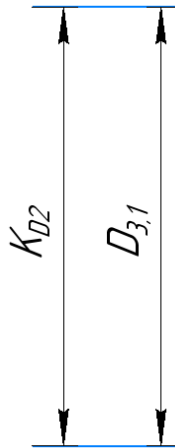


Рисунок 1.22 Размерная цепь для размера  $K_{D2}$

$$K_{D2} = D_{3.1}$$

$$K_{D2} = 16,8_{-0,180}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D2} = 0,18 \text{ мм}; \quad TD_{3.1} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D2}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.23 Размерная цепь для размера  $K_{D3}$

$$K_{D3} = D_{4.3}$$

$$K_{D3} = 10^0_{-0,150} \text{ мм}$$

$$TK_{D3} = 0,15 \text{ мм}; \quad TD_{4.3} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D3}$  выдерживается непосредственно.

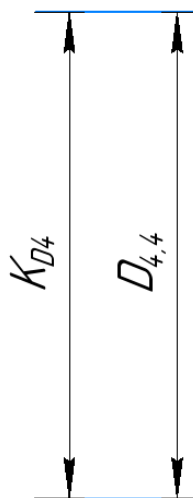


Рисунок 1.24 Размерная цепь для размера  $K_{D4}$

$$K_{D4} = D_{4.4}$$

$$K_{D4} = 9,5^0_{-0,150} \text{ мм}$$

$$TK_{D4} = 0,15 \text{ мм}; \quad TD_{4.4} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D4}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.25 Размерная цепь для размера  $K_{D5}$

$$K_{D5} = D_{4.1}$$

$$K_{D5} = 8^{+0}_{-0,150} \text{ мм}$$

$$TK_{D5} = 0,15 \text{ мм}; \quad TD_{4.1} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D5}$  выдерживается непосредственно.

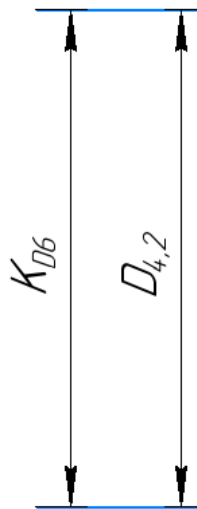


Рисунок 1.26 Размерная цепь для размера  $K_{D6}$

$$K_{D6} = D_{4.2}$$

$$K_{D6} = 6,8^{+0}_{-0,150}$$

$$TK_{D6} = 0,15 \text{ мм}; \quad TD_{4.2} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D6}$  выдерживается непосредственно.

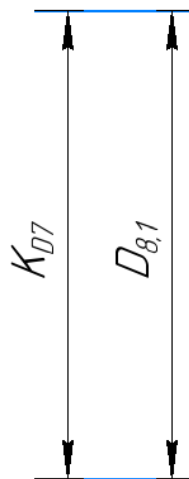


Рисунок 1.27 Размерная цепь для размера  $K_{D7}$

$$K_{D7} = D_{8,1}$$

$$K_{D7} = 4_{-0,120}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D7} = 0,12 \text{ мм}; \quad TD_{8,1} = 0,12 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D7}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.28 Размерная цепь для размера  $K_{D8}$

$$K_{D8} = D_{7,1}$$

$$K_{D8} = 2_{-0,100}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D8} = 0,1 \text{ мм}; \quad TD_{7,1} = 0,1 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D8}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.29 Размерная цепь для размера  $K_{D9}$

$$K_{D9} = D_{8.2}$$

$$K_{D9} = 7,6_{-0,150}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D9} = 0,15 \text{ мм}; \quad TD_{8.2} = 0,06 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D9}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.30 Размерная цепь для размера  $K_{D10}$

$$K_{D10} = D_{7.2}$$

$$K_{D10} = 3,8_{-0,120}^0 \text{ мм}$$

$$TK_{D10} = 0,12 \text{ мм}; \quad TD_{7.2} = 0,06 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D10}$  выдерживается непосредственно.

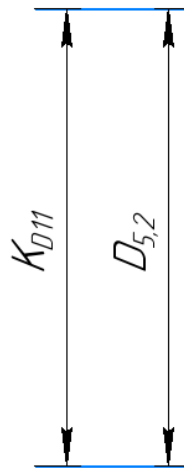


Рисунок 1.31 Размерная цепь для размера  $K_{D11}$

$$K_{D11} = D_{5.2}$$

$$K_{D11} = 12_0^{+0,180} \text{ мм}$$

$$TK_{D11} = 0,18 \text{ мм}; \quad TD_{5.2} = 0,08 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D11}$  выдерживается непосредственно.



Рисунок 1.32 Размерная цепь для размера  $K_{D12}$

$$K_{D12} = D_{6.2}$$

$$K_{D12} = K_{D12} = 5_0^{+0,120} \text{ мм}$$

$$TK_{D12} = 0,12 \text{ мм}; \quad TD_{6.2} = 0,05 \text{ мм}$$

Размер  $K_{D12}$  выдерживается непосредственно.

## 1.8 Расчёт припусков на обработку заготовки

### 1.8.1 Расчет припусков на осевые размеры

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [2, стр. 48]:

$$z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (1.7)$$

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} \quad (1.8)$$

Где  $\rho_{\phi_{i-1}}$  – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$  – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Расчетный минимальной припуск:

$$Z_{1.1 \min} = Z_{2.1 \min} = 0,5 + 0,5 + 0,25 = 1,25 \text{ мм};$$

$$Z_{2.2 \min} = Z_{4.2 \min} = 0,02 + 0,02 + 0,13 = 0,170 \text{ мм}.$$

$$Z_{4.6 \min} = 0,02 + 0,02 + 0,013 = 0,053 \text{ мм}.$$

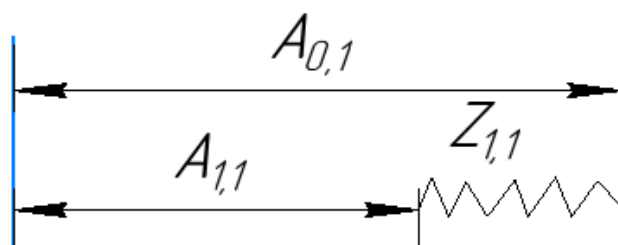


Рисунок 1.33 Размерная цепь для  $Z_{1.1}$

$$A_{0.1} = 68_{-300}^0 \text{ мм}, A_{0.1cp} = 67,85 \text{ мм}, Z_{1.1cp} = Z_{1.1 \min} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1}}{2} = 1,25 + \frac{0,30 + 0,25}{2} = 1,525 \text{ мм}$$

$$A_{1.1cp} = A_{0.1cp} - Z_{1.1cp} = 67,85 - 1,525 = 66,325 \text{ мм}$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1} = 68_{-300}^0 - 66,325_{-0,125}^{+0,125} = 1,675_{-0,425}^{+0,125} \text{ мм}$$

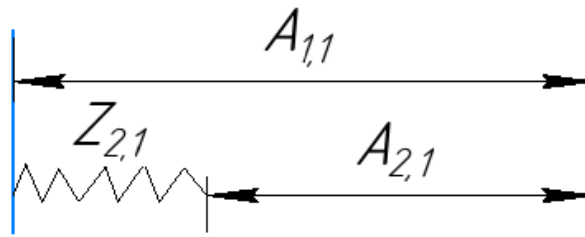


Рисунок 1.34 Размерная цепь для  $Z_{2,1}$

$$A_{1,1} = 66,325^{+0,125}_{-0,125} \text{ мм}, A_{1,1\text{cp}} = 66,325 \text{ мм}, Z_{2,1\text{cp}} = Z_{2,1 \text{ min}} + \frac{TA_{1,1} + TA_{2,1}}{2} = 1,25 + \frac{0,25 + 0,25}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$A_{2,1\text{cp}} = A_{1,1\text{cp}} - Z_{2,1\text{cp}} = 66,325 - 1,5 = 64,825 \text{ мм}$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{2,1} = A_{1,1} - A_{2,1} = 66,325^{+0,125}_{-0,125} - 64,825^{+0,125}_{-0,125} = 1,5^{+0,250}_{-0,250} \text{ мм}$$

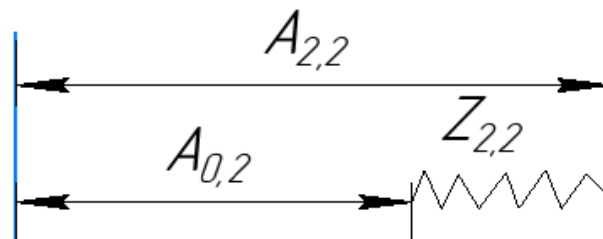


Рисунок 1.35 Размерная цепь для  $Z_{2,2}$

$$A_{2,2} = 48,2^0_{-0,250}, A_{2,2\text{cp}} = 48,075 \text{ мм}, Z_{2,2\text{cp}} = Z_{2,2 \text{ min}} + \frac{TA_{2,2} + TA_{0,2}}{2} = 0,17 + \frac{0,12 + 0,25}{2} = 0,355 \text{ мм}$$

$$A_{0,2\text{cp}} = A_{2,2\text{cp}} - Z_{2,2\text{cp}} = 48,075 - 0,355 = 47,72 \text{ мм}$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{2,2} = A_{2,2} - A_{0,2} = 48,2^0_{-0,250} - 47,72^{+0,06}_{-0,06} = 0,63^{+0,060}_{-0,310} \text{ мм}$$

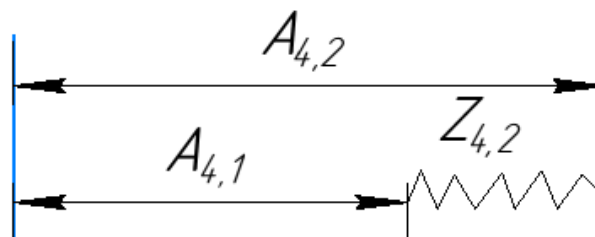


Рисунок 1.36 Размерная цепь для  $Z_{4,2}$



$$A_{4.2} = 10_{-0,180}^0 \text{ мм}, A_{4.2\text{ср}} = 9,91 \text{ мм}, Z_{4.2\text{ср}} = Z_{4.2\text{min}} + \frac{TA_{4.2} + TA_{4.1}}{2} = 0,17 + \frac{0,12 + 0,12}{2} = 0,29 \text{ мм}$$

$$A_{4.1\text{ср}} = A_{4.2\text{ср}} - Z_{4.2\text{ср}} = 9,91 - 0,29 = 9,62 \text{ мм}$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{4.2} = A_{4.2} - A_{4.1} = 10_{-0,180}^0 - 9,62_{-0,060}^{+0,060} = 0,38_{-0,240}^{+0,060} \text{ мм}$$

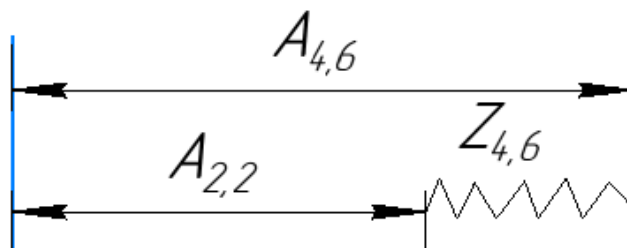


Рисунок 1.37 Размерная цепь для  $Z_{4.6}$

$$A_{2.2} = 48,2_{-0,250}^0 \text{ мм}, A_{4.6} = 50_{-0,250}^0 \text{ мм},$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{4.6} = A_{4.6} - A_{2.2} = 50_{-0,250}^0 - 48,2_{-0,250}^0 = 1,8_{-0,250}^{+0,250} \text{ мм}$$

### 1.8.2 Расчет припусков на диаметральные размеры

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [2, стр. 48]:

$$z_{imin} = 2 \cdot \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (1.7)$$

Где  $Rz_{i-1}$  - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

$z_{imin}$  - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

$h_{i-1}$  - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

$\varepsilon_i$  - погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки), мкм.

$\rho_{i-1}$  -суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

Расчетный минимальной припуск:

$$Z_{D1.1min} = 2 \times (0,1 + 0,12 + 0,12) = 0,68 \text{ мм}$$

$$Z_{D4.1min} = 2 \times (0,02 + 0,02 + 0,07) = 0,22$$

$$Z_{D4.3min} = 2 \times (0,02 + 0,02 + 0,06) = 0,2$$

$$Z_{D5.2min} = 2 \times (0,015 + 0,015 + 0,013) = 0,086$$

$$Z_{D6.2min} = 2 \times (0,015 + 0,015 + 0,005) = 0,07$$

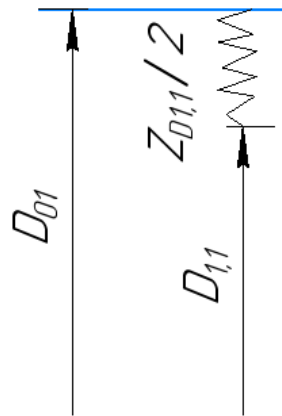


Рисунок 1.38 Размерная цепь для  $Z_{D1.1}$

$$D_{0.1} = 21_{-0,210}^0 \text{ мм}, D_{0.1cp} = 20,895 \text{ мм}$$

$$Z_{D1.1cp} = Z_{D1.1min} + \frac{TD_{0.1} + TD_{1.1}}{2} = 0,68 + \frac{0,21 + 0,12}{2} = 0,845 \text{ мм}$$

$$D_{1.1cp} = D_{0.1cp} - Z_{D1.1cp} = 20,895 - 0,845 = 20,05 \text{ мм}$$

$$D_{1.1} = 20,05_{-0,120}^0 \text{ мм}$$

$$Z_{D1.1} = D_{0.1} - D_{1.1} = 21_{-0,210}^0 - 20,05_{-0,120}^0 = 0,95_{-0,210}^{+0,120} \text{ мм}$$

$$\frac{Z_{D1.1}}{2} = 0,475_{-0,105}^{+0,060}$$

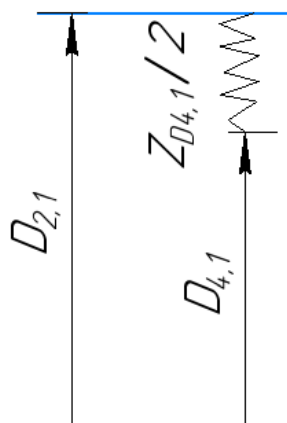


Рисунок 1.39 Размерная цепь для  $Z_{D4.1}$

$$D_{4.1} = 8_{-0,150}^0 \text{ мм}, D_{4.1\text{cp}} = 7,925 \text{ мм}$$

$$Z_{D4.1\text{cp}} = 3,00 \text{ мм}$$

$$D_{2.1\text{cp}} = D_{4.1\text{cp}} + Z_{D4.1\text{cp}} = 7,925 + 3,00 = 10,925 \text{ мм}$$

$$D_{2.1} = 10,925 \text{ }_{-0,120}^0 \text{ мм}$$

$$Z_{D4.1} = D_{2.1} - D_{4.1} = 10,925 \text{ }_{-0,120}^0 - 8_{-0,150}^0 = 2,925_{-0,120}^{+0,150} \text{ мм}$$

$$\frac{Z_{D4.1}}{2} = 1,46_{-0,060}^{+0,075}$$

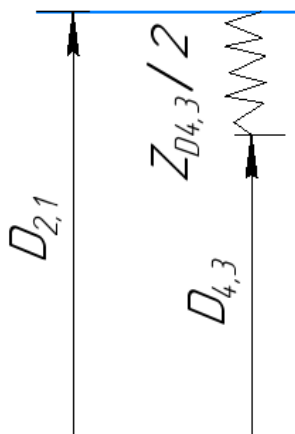


Рисунок 1.40 Размерная цепь для  $Z_{D4.3}$

$$D_{2.1} = 10,925 \text{ }_{-0,120}^0 \text{ мм}, D_{2.1\text{cp}} = 10,325 \text{ мм}$$

$$Z_{D4.3\text{cp}} = Z_{D4.3\text{min}} + \frac{TD_{2.1} + TD_{4.3}}{2} = 0,2 + \frac{0,12 + 0,12}{2} = 0,32 \text{ мм}$$

$$D_{4.3cp} = D_{2.1cp} - Z_{D4.3cp} = 10,325 - 0,32 = 10,005 \text{ мм}$$

$$D_{4.3} = 10,005_{-0,120}^0 \text{ мм}$$

$$Z_{D4.3} = D_{2.1} - D_{4.3} = 10,925_{-0,120}^0 - 10,005_{-0,120}^0 = 0,92_{-0,120}^{+0,120} \text{ мм}$$

$$\frac{Z_{D4.3}}{2} = 0,46_{-0,060}^{+0,060}$$

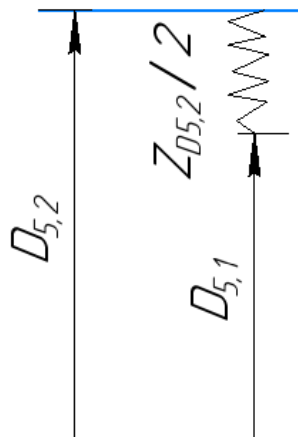


Рисунок 1.41 Размерная цепь для  $Z_{D5.2}$

$$D_{5.2} = 12_0^{+180} \text{ мм}, D_{5.2cp} = 12,09 \text{ мм}$$

$$D_{5.1cp} = 10 \text{ мм}$$

$$D_{5.1} = 10_0^{+100} \text{ мм}$$

$$Z_{D5.2} = D_{5.2} - D_{5.1} = 12_0^{+180} - 10_0^{+100} = 2_{-0,100}^{+0,180} \text{ мм}$$

$$\frac{Z_{D5.2}}{2} = 1_{-0,050}^{+0,090}$$

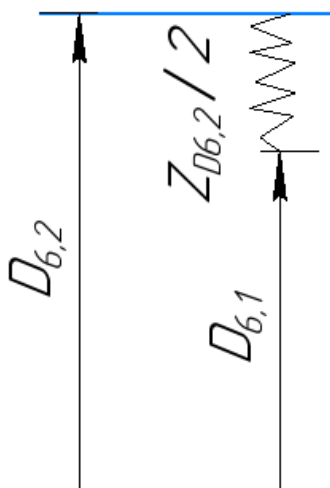


Рисунок 1.42 Размерная цепь для  $Z_{D6.2}$

$$D_{6.2} = 5_0^{+120} \text{ мм}, D_{6.2\text{ср}} = 5,06 \text{ мм}$$

$$Z_{D6.2\text{ср}} = Z_{D6.2\text{min}} + \frac{TD_{6.2} + TD_{6.1}}{2} = 0,07 + \frac{0,05 + 0,10}{2} = 0,145 \text{ мм}$$

$$D_{6.1\text{ср}} = D_{6.2\text{ср}} - Z_{D6.2\text{ср}} = 5,06 - 0,145 = 4,915 \text{ мм}$$

$$D_{6.1} = 4,915_0^{+100} \text{ мм}$$

$$Z_{D6.2} = D_{6.2} - D_{6.1} = 5_0^{+120} - 4,915_0^{+100} = 0,085_{-0,100}^{+0,120} \text{ мм}$$

$$\frac{Z_{D6.2}}{2} = 0,043_{-0,050}^{+0,060}$$

## 1.9 Расчёт режимов резания

При назначении параметров режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Параметры режимов резания обычно устанавливают в порядке:

1. Глубина резания;
2. Подача;
3. Скорость резания.

Далее рассчитываем:

1. Число оборотов;

2. Фактическая скорость резания;
3. Главная составляющая силы резания;
4. Мощность резания;
5. Мощность главного привода движения;
6. Проверка по мощности оборудования.

### **Заготовительная операция 000: Отрезание**

#### **(Переход 01, отрезать заготовку)**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [3, с. 116] – Т5К10.

1. Глубина резания:  $t = 3 \text{ мм}$ .
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 14 [3, с. 364]  $s = 0,3 \text{ мм/об}$ .
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v, \quad (1.8)$$

Период стойкости инструмента  $T=30-60 \text{ мин}$  [3, с. 363], принимаем  $T=60 \text{ мин}$ ;

Значения коэффициентов:  $C_v = 47$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,8$ ; – определены по таблице 17 [3, с. 367]:

Коэффициент  $K_v$  :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (1.9)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{PV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (1.10)$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_v$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [3, с.359]:

По табл. 2 [3, с. 359] : $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] : $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{пв} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{ив} = 0,65$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,8}} \cdot 0,73 = 39,64 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 39,64}{\pi \cdot 21} = 600 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 600 \text{ об/мин}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 408 \quad x = 0,72 \quad y = 0,8 \quad n = 0$$

Коэффициент  $K_p$  определяется по формуле [3, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} \quad (1.11)$$

$$K_{mp} \text{ по формуле [3, с. 362]}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$$\text{Где } \sigma_B = 600 \text{ МПа}$$

$$n = 0,75 \text{ по табл. 9 [3, с. 362]}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{фp} = 0,89; K_{γp} = 1,25; K_{λp} = 1; K_{rp} = 0,87.$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,85 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,87 = 0,82$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 3^{0,72} \times 0,3^{0,8} \times 39,64^0 \times 0,82 = 2816 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2816 \times 39,64}{1020 \times 60} = 1,82 \text{ кВт} \quad (1.12)$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,82}{0,75} = 2,43 \text{ кВт} \quad (1.13)$$

### **Токарная операция с ЧПУ: точение**

#### **Операция 005 установ А переход 01**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 1,5 \text{ мм}$ .
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 14 [3, с. 364]  $s = 0,5 \text{ мм/об}$ .
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T = 180 \text{ мин}$ ;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{PV} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{IV} = 1,15$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,29;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{180^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,29 = 189,9 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:



$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 189,9}{\pi \cdot 18} = 3358 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 3300 \text{ об/мин}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_{pt} x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$$K_{mp} \text{ по формуле} [3, \text{с. 362}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$$\text{Где } \sigma_B = 600 \text{ МПа}$$

$$n = 0,75 \text{ по табл. 9} [3, \text{с. 362}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp} = 1,0; K_{yp} = 1,0; K_{lp} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_{pt} x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,5^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 189,9^{-0,15} \times 0,85 = 1035 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1035 \times 189,9}{1020 \times 60} = 3,21 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,21}{0,75} = 4,28 \text{ кВт}$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение**

**Операция 005 установ Б переход 01**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 3 \text{ мм}$ .

2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 14 [3, с. 364]  $s = 0,5 \text{ мм/об}$ .

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T=60$  мин;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359]:  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361]:  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{ИВ} = 1,15$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,29;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{180^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,29 = 143,1 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 143,1}{\pi \cdot 12} = 3796,6 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 3700 \text{ об/мин}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$n = 0,75$  по табл. 9 [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{фp}=1,0; K_{γp}=1,0; K_{λp}=1,0; K_{rp}=1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 143,1^{-0,15} \times 0,85 = 2161 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2161 \times 143,1}{1020 \times 60} = 5,05 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{5,05}{0,75} = 6,73 \text{ кВт}$$

### **Токарная операция с ЧПУ: точение**

#### **Операция 005 установ В переход 01**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 0,6 \text{ мм}$ .
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 14 [3, с. 366]  $s = 0,3 \text{ мм/об}$ .
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T = 180 \text{ мин}$ ;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,20$ ;  $m = 0,20$  по таблице

17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_\Gamma = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{290}{180^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,125 = 185,8 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 185,8}{\pi \cdot 16,8} = 3520 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 3500 \text{ об/мин}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$$n = 0,75 \text{ по табл. 9 [3, с. 362]}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp} = 1,0; K_{yp} = 1,0; K_{lp} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,6^{1,0} \times 0,3^{0,75} \times 185,8^{-0,15} \times 0,85 = 283 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{283 \times 185,8}{1020 \times 60} = 0,86 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,86}{0,75} = 1,15 \text{ кВт}$$

## Токарная операция с ЧПУ: точение

### Операция 005 установ В переход 02

Материал [3, с. 116] –Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 1,0$  мм.
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 11 [3, с. 366]  $s = 0,5$  мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T=180$  мин;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3,с. 367]:

По табл. 1 [3,с. 358]:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] : $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] : $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{ИВ} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{180^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 143,9 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 143,9}{\pi \cdot 16} = 2863 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 2800 \text{ об/мин в}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p=300 \quad x=1,0 \quad y=0,75 \quad n=-0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$n=0,75$  по табл. 9 [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp}=1,0; K_{yp}=1,0; K_{\lambda p}=1,0; K_{rp}=1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,0^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 143,9^{-0,15} \times 0,85 = 720 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{720 \times 143,9}{1020 \times 60} = 1,69 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,69}{0,75} = 2,26 \text{ кВт}$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение**

**Операция 005 установ Г переход 01**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 2,0 \text{ мм}$ .
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 11 [3, с. 366]  $s = 0,5 \text{ мм/об}$ .
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T=300 \text{ мин}$ ;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3,с. 358]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] : $K_{\Gamma} = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] : $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{ИВ} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{290}{300^{0,2} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 117,1 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 117,1}{\pi \cdot 8} = 4659 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 4600 \text{ об/мин в}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_P t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3,с. 372]:

$$C_P = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3,с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$n = 0,75$  по табл. 9 [3,с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3,с. 374]:

$$K_{фр} = 1,0; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{фр} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,0^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 117,1^{-0,15} \times 0,85 = 1484 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1484 \times 117,1}{1020 \times 60} = 2,84 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,84}{0,75} = 3,78 \text{ кВт}$$

### Токарная операция с ЧПУ: точение

#### Операция 005 установ Г переход 02

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 0,6$  мм.
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 11 [3, с. 366]  $s = 0,5$  мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T = 330$  мин;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{\text{ПВ}} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{\text{ИВ}} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{\text{ПВ}} \cdot K_{\text{ИВ}} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{330^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 117,6 \text{ м/мин};$$



4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 117,6}{\pi \cdot 6,8} = 5504 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 5500 \text{ об/мин в}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_{pt}^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$$n = 0,75 \text{ по табл. 9 [3, с. 362]}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp} = 1,0; K_{yp} = 1,0; K_{lp} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_{pt}^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,6^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 117,6^{-0,15} \times 0,85 = 445 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{445 \times 117,6}{1020 \times 60} = 0,86 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,06}{0,75} = 1,41 \text{ кВт}$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение**

**Операция 005 установ Г переход 03**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

Первый ход:

1. Глубина резания:  $t = 0,5$  мм.
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 11 [3, с. 366]  $s = 0,5$  мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T=300$  мин;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_{\Gamma} = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{ИВ} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{300^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 144,2 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 144,2}{\pi \cdot 9} = 5099 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 5000 \text{ об/мин в}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1,0 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

$K_{mp}$  по формуле [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где  $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$n = 0,75$  по табл. 9 [3, с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp} = 1,0; K_{yp} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 144,2^{-0,15} \times 0,85 = 360 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{360 \times 144,2}{1020 \times 60} = 0,85 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,91}{0,75} = 1,13 \text{ кВт}$$

Второй ход:

$$t = 1,0 \text{ мм}, s = 0,5 \text{ мм/об}$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{330^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 105,5 \text{ м/мин};$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 105,5}{\pi \cdot 6} = 5570 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 5500 \text{ об/мин в}$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,0^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 105,5^{-0,15} \times 0,85 = 754 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{754 \times 105,5}{1020 \times 60} = 1,29 \text{ кВт}$$

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,29}{0,75} = 2,59 \text{ кВт}$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение**

**Операция 005 установ Г переход 04**

Материал [3, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = 0,5 \text{ мм}$ .

2. Подачу S назначаем по таблице 14 [3, с. 366]  $s = 0,5$  мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$
$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{300^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 144,2 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 144,2}{\pi \cdot 10} = 4589 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 4500 \text{ об/мин}$$

$$5. P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 144,2^{-0,15} \times 0,85 = 3604 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{360 \times 144,2}{1020 \times 60} = 0,85 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,85}{0,75} = 1,13 \text{ кВт}$$

### **Токарная операция с ЧПУ: сверление**

#### **Операция 010 установ Д переход 01**

1. Быстрорежущая сталь P6M5 (Материал сверла).

2. Диаметр сверла :  $D = 10$  мм;

3. Подачу S назначаем по таблице 35 [3, с. 381]:  $S = 0,17$  мм/об

4. Глубина:  $t_1 = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 10 = 5$  мм.

5. Скорость резания определяется по формуле [3, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v, \quad (1.14)$$

По таблице 40 [3, с. 384], период стойкости инструмента принимаем  $T = 25$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 7,0$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,7$  по таблице 38 [3, с. 383]:

Коэффициент  $K_v$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV}, \quad (1.15)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{uv}$  – Поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

$K_{IV}$  – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия,

Коэффициент  $K_{MV}$  по табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] :  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [2, с. 359] :  $n_v = 0,9$ ;

По табл. 41 [2, с. 385]:  $K_{IV} = 1,0$ ;

По табл. 6 [2, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ ,

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,17^{0,7}} \cdot 1,22 = 38,95 \text{ м/мин};$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 38,95}{\pi \cdot 10} = 1239,95 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 1240 \text{ об/мин}$ .

7. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания(при сверлении):

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p \quad [3, \text{с. 385}] \quad (1.16)$$

8. Крутящий момент по формуле [3,с. 385] (при сверлении):

$$M_{kp} = 10 C_M D^q s^y K_p \quad (1.17)$$

$K_p$ -определяется по формуле [3,с. 386]:  $K_p = K_{mp}$ ;

$K_{mp}$ -определяется по формуле [3,с. 362]:  $K_p = K_{mp}$ ;

$n=0,75$ -определяется по таблице 9 [3,с. 362]:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n=0,85}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [3,с.385]:

Для крутящего момента:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$

Для осевой силы:  $C_P = 68$ ;  $y = 0,7$ ;  $q=1,0$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,17^{0,7} \cdot 0,85 = 1672,02 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,17^{0,7} \cdot 0,85 = 8,48 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

9. Мощность сверления определяется по формуле [2,с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{8,48 \cdot 1240}{9750} = 1,08 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,08}{0,75} = 1,44 \text{ кВт}$$

### **Токарная операция с ЧПУ: рассверление**

#### **Операция 010 установ Д переход 01**

1. Быстрорежущая сталь Р6М5 (Материал сверла).
2. Диаметр сверла :  $D = 12 \text{ мм}$ ;
3. Подачу  $S$  назначаем по таблице 35 [3, с. 381]:  $S = 0,20 \text{ мм/об}$
4. Глубина:  $t_1 = 0,5 \cdot (D - d) = 0,5 \cdot (12 - 10) = 1 \text{ мм}$ .
5. Скорость резания определяется по формуле [3, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

По таблице 40 [3, с. 384], период стойкости инструмента принимаем  $T = 45$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 7,0$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,7$  по таблице 38 [3, с. 383]:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [2, с. 359] : $n_v = 0,9$ ;

По табл. 41 [2, с. 385]:  $K_{IV} = 1,0$ ;

По табл. 6 [2, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ ,

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,22 = 33,25 \text{ м/мин};$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 33,25}{\pi \cdot 12} = 881,93 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 882 \text{ об/мин}$ .

7. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания(при рассверливании):

$$P_o = 10 C_P D^q t^x s^y K_p \quad [3, \text{с. 385}]$$

8. Крутящий момент по формуле [3, с. 385] (при рассверливании):

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 0,85$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [3, с. 385]:

Для крутящего момента:  $C_M = 0,09$ ;  $q = 1,0$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$

Для осевой силы:  $C_P = 67$ ;  $x = 1,2$ ;  $y = 0,65$ ;  $q = 1,33$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 67 \cdot 12^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 2215,11 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 12^{1,33} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 6,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{6,76 \cdot 882}{9750} = 0,61 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,61}{0,75} = 0,81 \text{ кВт}$$

## Токарная операция с ЧПУ: точение

### Операция 005 установ Д переход 03

Материал [3, с. 116] –Т15К6.

Первый ход:

1. Глубина резания:  $t = 0,5$  мм.
2. Подачу  $S$  назначаем по таблице 11 [3, с. 366]  $s = 0,5$  мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем  $T=300$  мин;

Значения коэффициентов:  $C_v = 290$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  по таблице 17 [3, с. 367]:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{Пv} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{Иv} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{300^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 144,2 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 144,2}{\pi \cdot 12} = 3824 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 3800 \text{ об/мин}$$

5. Определяем основные составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [3, \text{с. 371}]$$



Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [3, с. 372]:

$$C_p=300 \quad x=1,0 \quad y=0,75 \quad n=-0,15$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$$\text{Где } \sigma_B = 600 \text{ МПа}$$

$$n=0,75 \text{ по табл. 9 [3, с. 362]}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 0,85$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [3, с. 374]:

$$K_{fp}=1,0; K_{yp}=1,0; K_{\lambda p}=1,0; K_{rp}=1,0.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,85$$

Сила резания [3, с. 371] :

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 144,2^{-0,15} \times 0,85 = 360 \text{ Н}$$

6. Мощность резания [3, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{360 \times 144,2}{1020 \times 60} = 0,85 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,85}{0,75} = 1,13 \text{ кВт}$$

Второй ход:

$$t = 0,5 \text{ мм}, s = 0,5 \text{ мм/об}$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{300^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,125 = 144,2 \text{ м/мин};$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 144,2}{\pi \cdot 12} = 3824 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое скорость вращения шпинделя

$$n = 3800 \text{ об/мин в}$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^{1,0} \times 0,5^{0,75} \times 144,2^{-0,15} \times 0,85 = 360 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{360 \times 144,2}{1020 \times 60} = 0,85 \text{ кВт}$$

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,85}{0,75} = 1,13 \text{ кВт}$$

**Фрезерная операция с ЧПУ: сверление**

## Операция 015 установ Е переход 01

Первый ход:

1. Быстрорежущая сталь Р6М5(Материал сверла).
2. Диаметр сверла : $D = 4$  мм;
3. Подачу  $S$  назначаем по таблице 35 [3, с. 381]: $S=0,10$ мм/об
4. Глубина:  $t_1 = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4 = 2,0$  мм.
5. Скорость резания определяется по формуле [3, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

По таблице 40 [3, с. 384], период стойкости инструмента принимаем  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 7,0$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y=0,7$  по таблице 38 [3, с. 383]:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [2, с. 359] : $n_v = 0,9$ ;

По табл. 41 [2, с. 385]:  $K_{IV} = 1,0$ ;

По табл. 6 [2, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ ,

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22;$$
$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,22 = 47,41 \text{ м/мин};$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 47,41}{\pi \cdot 4} = 3797 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 3700$  об/мин.

7. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания(при сверлении):

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p \quad [3, \text{с. 385}]$$

8. Крутящий момент по формуле [3, с. 385] (при сверлении):

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = 0,85$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [3, с. 385]:

Для крутящего момента:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$

Для осевой силы:  $C_P = 68$ ;  $y = 0,7$ ;  $q = 1,0$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 5^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,85 = 576,63 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,85 = 1,46 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

9. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,46 \cdot 3700}{9750} = 0,55 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,55}{0,75} = 0,74 \text{ кВт}$$

### **Фрезерная операция с ЧПУ: развертывание**

#### **Операция 015 установ Е переход 02**

1. Материал [3, с. 116] – Т15К6.

2. Диаметр сверла :  $D = 5 \text{ мм}$ ;

3. Подачу  $S$  назначаем по таблице 35 [3, с. 381]:  $S = 0,20 \text{ мм/об}$

4. Глубина:  $t_1 = 0,5 \cdot (D - d) = 0,5 \cdot (5 - 4) = 0,5 \text{ мм}$ .

5. Скорость резания определяется по формуле [3, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v,$$

По таблице 40 [3, с. 384], период стойкости инструмента принимаем  $T = 15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 7,0$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,7$  по таблице 38 [3, с. 383]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] :  $K_r = 1,0$ ;

По табл. 2 [2, с. 359] :  $n_v = 0,9$ ;

По табл. 41 [2, с. 385]:  $K_{IV} = 1,0$ ;

По табл. 6 [2, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ ,

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,22 = 29,18 \text{ м/мин};$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 29,18}{\pi \cdot 5} = 1857,75 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 1800 \text{ об/мин}$ .

7. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания(при рассверливании):

$$P_o = 10 C_P D^q t^x s^y K_p \quad [3, \text{с. 385}]$$

8. Крутящий момент по формуле [3, с. 385] (при рассверливании):

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 0,85$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [3, с. 385]:

Для крутящего момента:  $C_M = 0,09$ ;  $q = 1,0$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$

Для осевой силы:  $C_P = 67$ ;  $x = 1,2$ ;  $y = 0,65$ ;  $q = 1,33$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 67 \cdot 5^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 922,96 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 5^{1,33} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 2,12 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

9. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{2,12 \cdot 1800}{9750} = 0,39 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,39}{0,75} = 0,52 \text{ кВт}$$

### **Фрезерная операция с ЧПУ: фрезерование**

#### **Операция 015 установ Ж переход 01**

Материал [3, с. 116] –Р6М5.

Шпоночная фреза  $D_{\phi}=3$  мм.

1. Определяем глубину фрезерования:

$$t = 2 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по табл. 75 [3, с. 403]:

$$S_z = 0,15 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.18)$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 82 [3, с. 411]:

$$T = 120 \text{ мин}$$

Значения коэффициентов по табл. 81 [3, с. 407]:

$$C_v = 12; q = 0,3; x = 0,3; y = 0,25; m = 0,26; u = 0; p = 0$$

По табл. 1 [3, с. 358]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

По табл. 2 [3, с. 359] :  $K_{\Gamma} = 1,0$ ;

По табл. 2 [3, с. 361] :  $n_v = 1,0$ ;

По табл. 5 [3, с. 361]:  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

По табл. 6 [3, с. 361]:  $K_{IV} = 1,0$ .

Окончательно коэффициент  $K_V$  определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{12 \cdot 3^{0,3}}{120^{0,26} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,15^{0,25}} \cdot 1,125 = 7,06 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7,06}{\pi \cdot 8} = 280,91$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 280$  об/мин.

Главная составляющая силы резания, окружная сила [3, с. 587]:

$$P_z = \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp} \quad (1.19)$$

Значения коэффициентов:  $C_P = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  по таблице 83 [3, с.385].

По табл. 9 [3, с.362]:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 1,25$$

Окружная сила, формула:

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \times 68,2 \times 2^{0,86} \times 0,15^{0,72} \times 0,75^{1,0} \times 1}{3^{0,86} \cdot 377^0} \cdot 1,25 \\ &= 115,12 \text{ Н} \end{aligned}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{115,12 \cdot 7,06}{1020 \cdot 60} = 0,013 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,013}{0,75} = 0,018 \text{ кВт.}$$

## Фрезерная операция с ЧПУ: фрезерование

### Операция 015 установ Ж переход 02

Материал [3, с. 116] –Р6М5.

Шпоночная фреза  $D_{\text{ф}}=2$  мм.

1. Определяем глубину фрезерования:

$$t = 1,2 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по табл. 75 [3, с. 403]:

$$S_z = 0,15 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 82 [3, с. 411]:

$$T = 120 \text{ мин}$$

Значения коэффициентов по табл. 81 [3, с. 407]:

$$C_v = 12; q = 0,3; x = 0,3; y = 0,25; m = 0,26; u=0; p = 0$$

По табл. 1 [3,с. 358]:

Окончательно коэффициент  $K_v$  определяется как:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{12 \cdot 2^{0,3}}{120^{0,26} \cdot 1,2^{0,3} \cdot 0,15^{0,25}} \cdot 1,125 = 7,28 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7,28}{\pi \cdot 10} = 231,81 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов:  $n = 230 \text{ об/мин}$ .

Главная составляющая силы резания, окружная сила [3, с. 587]:

$$P_z = \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} \quad (1.18)$$

Значения коэффициентов:  $C_P = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  по таблице 83 [3, с.385].

По табл. 9 [3, с.362]:

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 1,25$$

Окружная сила, формула:

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} \\ &= \frac{10 \times 68,2 \times 1,2^{0,86} \times 0,15^{0,72} \times 0,75^{1,0} \times 1}{2^{0,86} \cdot 377^0} \cdot 1,25 = 105,14 \text{ Н} \end{aligned}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{105,14 \cdot 7,28}{1020 \cdot 60} = 0,013 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,013}{0,75} = 0,017 \text{ кВт.}$$

Фрезерная операция с ЧПУ (фрезерование) Операция 015 установ 3 переход 01 и 02 также как операция 015 установ Ж переход 01 и 02.



## 1.10 Выбор оборудования и технологического процесса

Операция 0 - заготовительная:

Токарно-винторезный станок 16K20 [3, с. 21]

Таблицы 3 – Технические характеристики станка

Параметры	16K20
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:	
над станиной	400мм
над суппортом	220мм
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	710мм
Шаг нарезаемой резьбы:	
Метрической дюймовой	0,5-112
число ниток на дюйм	56-0,5
модульной,	0,5-112
модуль питчевой,	56-0,5
питч	12,5-1600
Чистота вращения шпинделя	2,5-200 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта:	
продольное	645мм
поперечное	300мм
Подача суппорта:	
продольная	3-1200мм/об
поперечная	1,5-600мм/об
Число ступеней подач	24
Скорость быстрого перемещения суппорта:	
-продольного	3800мм/мин
-поперечного	1900мм/мин

Мощность электродвигателя главного привода	11кВт
Габаритные размеры(без ЧПУ) (Д*Ш*В):	2790мм*1190мм*1500мм
Масса	3010кг

Проверка по мощности:

$$N_{\text{ст}} \leq N;$$

$$2,43\text{кВт} < 11\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

Операция 005/010 Токарная с ЧПУ

Токарный станок центр SKM. Серия NL 1500

Таблица 3-Технические характеристики станка

Макс. диаметр обработки изделия типа вал, мм	391
Макс. Длина точения, мм	560
Размер патрона, дюйм	6
Частота вращения шпинделя (макс.), об/мин	6000
Мощность э/д шпинделя, кВт	15
Крутящий момент шпинделя, Нм	1300
Габариты, мм	3140x1560x1902
Вес, кг	3800

Проверка по мощности:

$$N_{\text{ст}} \leq N;$$

$$7,34\text{кВт} < 15\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

Операция 015 Фрезерная с ЧПУ

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр ФС50МФ3

Таблица 4 – Технические характеристики станка

Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм	12
Размер стола (Д x Ш), мм	700x350

Расстояние от торца шпинделя до поверхности рабочего стола, мм	130~580
Промежуток (мм) x Ширина (мм)x Количество Т-образных пазов (шт)	105x14x3
Точность позиционирования, мкм	±4
Макс. масса инструмента, кг	6
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	5.5/3.7
Вращающий момент на шпинделе (до 30 мин/продолжительно), Нм	35/23.3
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	40~8000
Хвостовик инструмента	ВТ 40 x 45 град
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	2000x1800x2300

Проверка по мощности:

$$N_{\text{ст}} \leq N;$$

$$0,74\text{кВт} < 5,5\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

### 1.11 Расчет основного времени

Основное время для токарных операций определяем по формуле

[6, стр. 874]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (1.20)$$

Где  $L$  – расчётная длина обработки, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

$n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;

$S$  – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \quad (1.21)$$

Где  $l$  – размер детали на данном переходе, мм;

$l_{\text{в}}$  – величина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{сх}}$  – величина схода инструмента, мм;

$l_{\text{пд}}$  – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем:  $l_{\text{сх}} = l_{\text{пд}} = 1 \text{ мм}$ .

Величина врезания инструмента:

$$l_{\text{в}} = \frac{t}{\text{tg}\varphi} \quad , \quad (1.22)$$

Где  $t$  – глубина резания, мм;

$\varphi$  – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} \quad , \quad (1.23)$$

Вспомогательное время определяем по формуле;

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{изм.}} \quad (1.24)$$

Где  $T_{\text{у.с.}}$  - время на установку и снятие детали;

$T_{\text{з.о.}}$  - время на закрепление и открепление детали;

$T_{\text{уп.}}$  - время на управление станком;

$T_{\text{изм.}}$  - время на измерение детали;

$T_{\text{всп}}$  - вспомогательное время,

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп.}} \quad (1.25)$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{о.о.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} \quad (1.26)$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{о.о.}} \quad (1.27)$$

Подготовительно заключительное время определяем Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} +$$

$$\left( \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \right), \quad (1.28)$$

где n- количество деталей. n = 15000

**Для заготовительной операции:**

$$T_o = \frac{(l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(21 + \frac{3}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{600 \cdot 0,3} = 0,13 \text{ мин};$$

**Токарная операция с ЧПУ:**

переход 1: подрезать торец и точить поверхность.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg } \varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(21 + \frac{1,5}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{3300 \cdot 0,5} = 0,04 \text{ мин}$$

переход 2: точить поверхность и подрезать торец.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_2}{\text{tg } \varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(18 + \frac{3}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{3700 \cdot 0,5} = 0,01 \text{ мин}$$

переход 3: точить канавку.

$$T_{o1} = \frac{(l + \frac{d_1}{2} \cdot \text{ctg } \varphi + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(16,8 + \frac{0,6}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 3}{3500 \cdot 0,3} = 0,06 \text{ мин};$$

переход 4: точить фаски.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_4}{\text{tg } \varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(16,8 + \frac{0,6}{\text{tg } 45^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{2800 \cdot 0,5} = 0,03 \text{ мин}$$

переход 5: точить поверхность.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_5}{\text{tg } \varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(8 + \frac{1,0}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{4600 \cdot 0,5} = 0,02 \text{ мин}$$

переход 6: точить канавку.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_6}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6,8 + \frac{0,6}{tg 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 3}{5500 \cdot 0,5} = 0,01 \quad \text{мин}$$

переход 7: точить фаски.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_6}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10 + \frac{0,5}{tg 45^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{5000 \cdot 0,5} = 0,01 \quad \text{мин}$$

переход 8: точить поверхность и канавку.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_6}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10 + \frac{0,15}{tg 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 4}{4500 \cdot 0,5} = 0,02 \quad \text{мин}$$

### Токарная операция с ЧПУ:

переход 1: сверлить отверстие.

$$T_{o1} = \frac{(l + \frac{d_1}{2} \cdot ctg\varphi + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12 + \frac{10}{2} \cdot ctg 59^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{1240 \cdot 0,17} = 0,08 \quad \text{мин;}$$

переход 2: растачивать отверстие.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12 + \frac{0,5}{tg 5^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{880 \cdot 0,2} = 0,11 \quad \text{мин}$$

переход 3: точить фаски.

$$T_{o1} = \frac{(l + \frac{d_1}{2} \cdot ctg\varphi + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12 + \frac{0,3}{tg 45^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{3800 \cdot 0,5} = 0,02 \quad \text{мин;}$$

### Фрезерная операция с ЧПУ:

переход 1: сверлить отверстие.

$$T_{o1} = \frac{(l + \frac{d_1}{2} \cdot ctg\varphi + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6 + \frac{4}{2} \cdot ctg 59^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{3700 \cdot 0,10} = 0,03 \quad \text{мин;}$$

переход 2: расточить отверстие.

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6 + \frac{0,5}{tg 5^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{1800 \cdot 0,2} = 0,08 \quad \text{мин}$$

переход 3: фрезеровать шпоночный паз.

$$T_o = \frac{L_{об} \cdot i}{S_M} = \frac{\left(l + \sqrt{r_{\phi}^2 - (r_{\phi} - t)^2} + l_{cx} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot z \cdot S}$$

$$= \frac{(12 + \sqrt{3^2 - (3 - 2)^2} + 1 + 1) \cdot 1}{280 \times 16 \times 0,15} = 0,03 \text{ мин}$$

переход 4: фрезеровать шпоночный паз.

$$T_o = \frac{L_{об} \cdot i}{S_M} = \frac{\left(l + \sqrt{r_{\phi}^2 - (r_{\phi} - t)^2} + l_{cx} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot z \cdot S}$$

$$= \frac{(38 + \sqrt{2^2 - (2 - 1,2)^2} + 1 + 1) \cdot 1}{230 \times 16 \times 0,15} = 0,08 \text{ мин}$$

переход 5: фрезеровать шпоночный паз.

$$T_o = \frac{L_{об} \cdot i}{S_M} = \frac{\left(l + \sqrt{r_{\phi}^2 - (r_{\phi} - t)^2} + l_{cx} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot z \cdot S}$$

$$= \frac{(12 + \sqrt{3^2 - (3 - 2)^2} + 1 + 1) \cdot 1}{280 \times 16 \times 0,15} = 0,03 \text{ мин}$$

переход 6: фрезеровать шпоночный паз.

$$T_o = \frac{L_{об} \cdot i}{S_M} = \frac{\left(l + \sqrt{r_{\phi}^2 - (r_{\phi} - t)^2} + l_{cx} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot z \cdot S}$$

$$= \frac{(38 + \sqrt{2^2 - (2 - 1,2)^2} + 1 + 1) \cdot 1}{230 \times 16 \times 0,15} = 0,08 \text{ мин}$$

**Для первой операции**

$$T_o = 0,13 \text{ мин;}$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c.} + T_{з.о.} = 0,15 \text{ мин; } T_{уп.} = 0,25 \text{ мин; } T_{изм.} = 0,15 \text{ мин;}$$

$$T_{всп} = T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0,15 + 0,25 + 0,15 = 0,55 \text{ мин;}$$

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,13 + 0,55 = 0,68 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{o.o.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} = 15\% \cdot 0,68 = 0,10 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{o.o.}} = 0,13 + 0,58 + 0,10 = 0,81 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left( \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \right) = 0,81 + \frac{12}{15000} \approx 0,81 \text{ мин};$$

**Для второй операции**

$$T_o = 0,20 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} = 0,6 \text{ мин}; T_{\text{уп.}} = 0,65 \text{ мин}; T_{\text{изм.}} = 0,3 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{изм.}} = 0,6 + 0,65 + 0,3 = 1,55 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,20 + 1,55 = 1,75 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{o.o.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} = 15\% \cdot 1,75 = 0,26 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{o.o.}} = 0,20 + 1,55 + 0,26 = 2,01 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:



$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 2,01 + \frac{12}{15000} \approx 2,01 \text{ мин};$$

**Для третьей операции**

$$T_o = 0,21 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{у.с.} + T_{з.о.} = 0,10 \text{ мин}; T_{уп.} = 0,15 \text{ мин}; T_{изм.} = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0,10 + 0,15 + 0,03 = 0,28 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,21 + 0,28 = 0,49 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер.} = 15\% \cdot 0,49 = 0,07 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 0,21 + 0,28 + 0,07 = 0,56 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 0,56 + \frac{12}{15000} \approx 0,56 \text{ мин};$$

**Для четвертой операции**

$$T_o = 0,34 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{у.с.} + T_{з.о.} = 0,45 \text{ мин}; T_{уп.} = 0,5 \text{ мин}; T_{изм.} = 0,09 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0,45 + 0,5 + 0,09 = 1,04 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,34 + 1,04 = 1,38 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{о.о.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} = 15\% \cdot 1,38 = 0,21 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{о.о.}} = 0,34 + 1,04 + 0,21 = 1,59 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left( \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \right) = 1,59 + \frac{12}{15000} \approx 1,59 \text{ мин};$$

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Разработка технического задания на проектирование станочного приспособления

Техническое задание на проектирование специальных средств технологического оснащения разрабатывается в соответствии с ГОСТ 15,001-73. [5, с. 175]

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Техническое задание на специальное приспособление

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «вал генератора волн» на Вертикально-фрезерном обрабатывающем центре ФС50МФЗ.
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «вал генератора волн».
Цель и назначение разработки	Целью конструкторской части является разработка и проектирование приспособления для одной из операций механической обработки, определения силы закрепления и точности установки детали.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – мелкосерийный; Программа выпуска - 15000 шт. в год; Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать вертикально-фрезерному обрабатывающему центру ФС50МФЗ.

	<p>Входные данные о заготовке, поступающей на точную операцию:</p> <p>Сверлить 2 отверстия с диаметром <math>\Phi 5</math> мм.</p> <p>Длина 3 мм (каждое отверстие).</p> <p><math>Ra = 2,5</math> мкм.</p>
Документация, подлежащая разработке	<p>Пояснительная записка (раздел конструкторской части), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, схема анализа силы закрепления.</p>

## 2. 2 Разработка принципиальной расчетной схемы

Заготовка устанавливается в призму ( $\alpha = 90^\circ$ ). Базами являются двойная направляющая и внутренний торец. Зажим детали происходит при помощи прижима, который приводят в действие мембранным пневмоцилиндром.

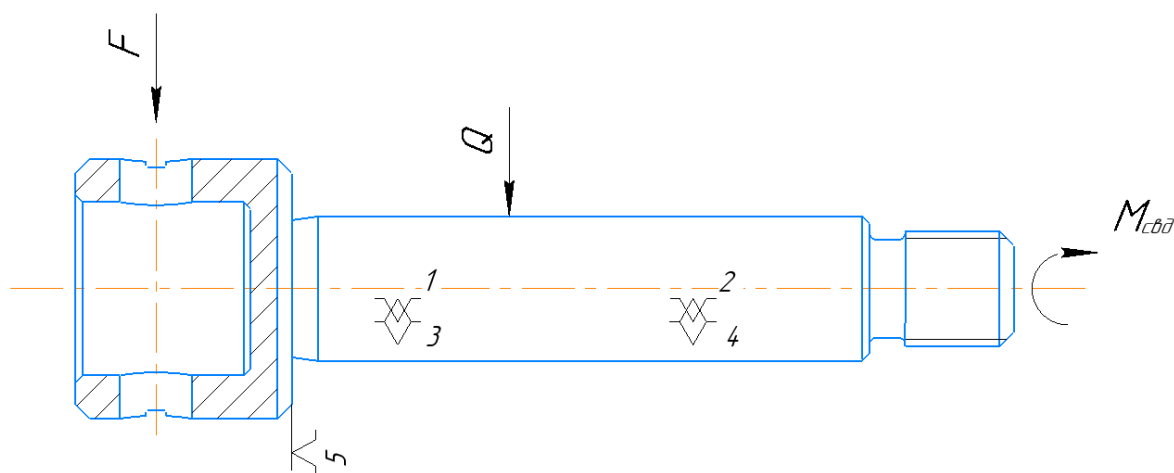


Рисунок 2.1 Принципиальная схема зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима  $Q$ .

## 2. 3 Описание конструкции и работы приспособления

Компоновка приспособления приведена на Рисунке 2.2.

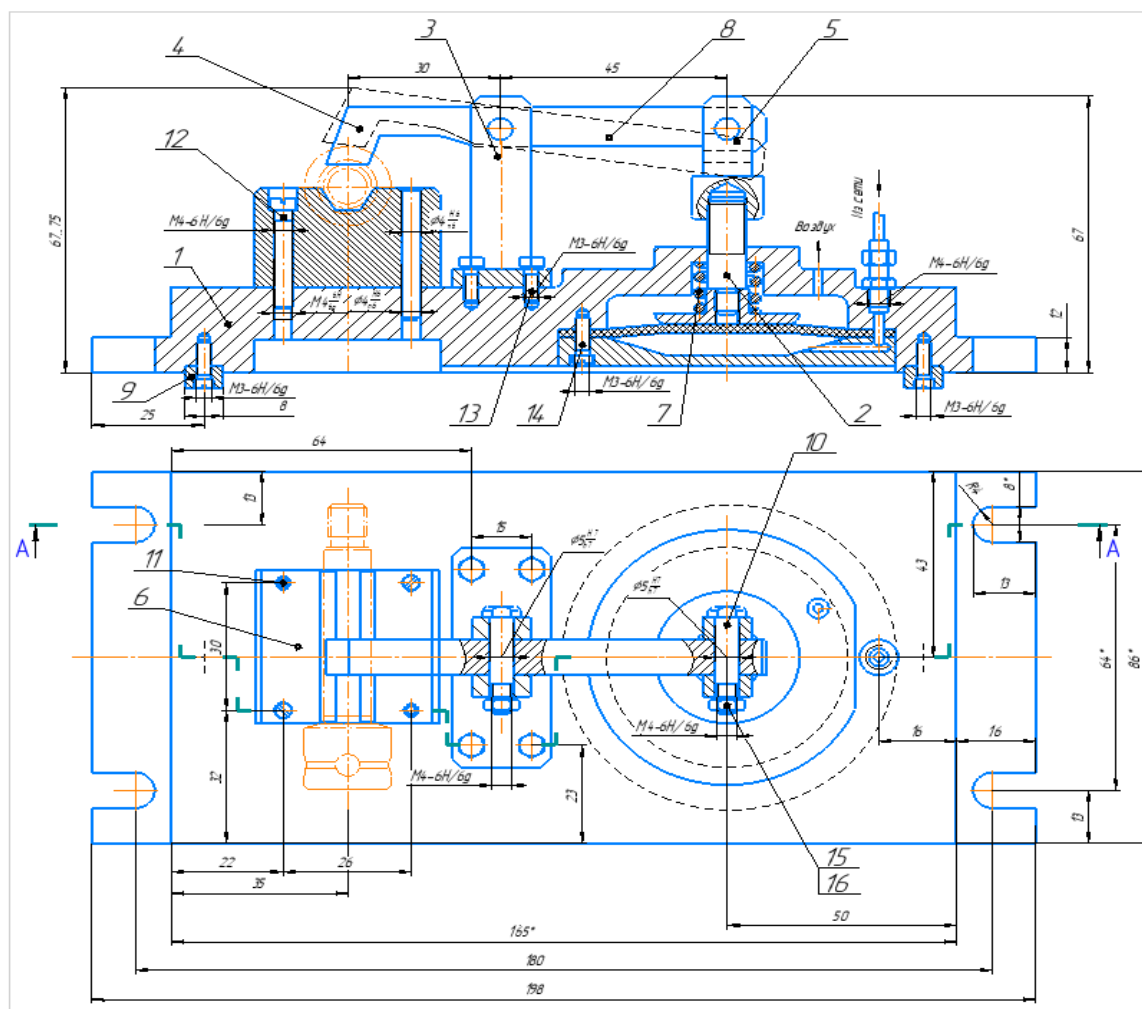


Рисунок 2.2 Компоновка приспособления

Основой приспособления служит корпус 1, на котором установлены все элементы приспособления. Призма 6 базируется с помощью двух штифтов 11 и закрепляется винтами 12. В призму устанавливается заготовка. Рычажный зажим 4 служит для закрепления заготовки. При подаче сжатого воздуха в систему шток мембранного пневмо цилиндра 2 перемещается в верхнее положение и зажимает заготовку. Приспособление базируется на рабочем столе станка с помощью шпонок 9 и закрепляется четырьмя болтами М8.

## 2. 4 Определение необходимой силы зажима

В ходе сверления отверстия возникают сила резания  $F_1$  и  $F_2$ , сила сверла  $F$ , реакции опорных поверхностей  $N_1, N_2$  и усилие зажима  $Q$ .

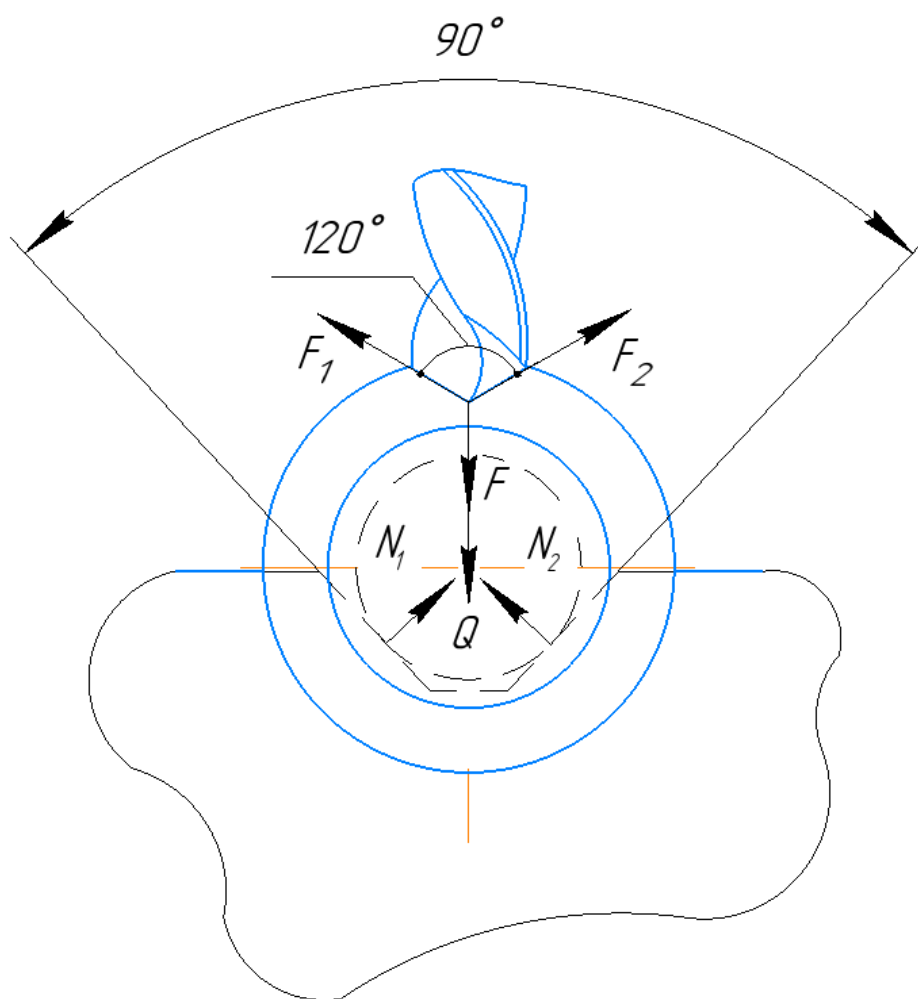


Рисунок 2.3 Схема сил при зажиме заготовки

Усилие зажима:  $k \times F_{\text{сдв}} \leq F_{\text{тр}}$ , принимаем  $k=2$ .

То есть,  $k \times M_{\text{свд}} \leq M_{\text{тр}}$

Крутящий момент сверления по формуле:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,85 = 0,94 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

$$\text{Так как } M_{kp} = F \times \frac{D_{\text{сверло}}}{2}$$

$$F = \frac{2 M_{kp}}{D_{\text{сверло}}} = \frac{2 \times 0,94}{4} = 470 \text{ Н}$$

$$M_{\text{свд}} = F \cdot l_1 = 470 \cdot 0,005 = 2,35 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

Для цилиндров двустороннего действия при давлении в штоковой полости:

$$Q = 0,785(D^2 - d^2)\rho\eta [5, \text{с. 241}]$$

Где Q – сила зажима;

$D$  ,  $d$ -диаметры цилиндра и штока в см;

$p$ -давление сжатого воздуха в кгс/см<sup>2</sup>;

$\eta=0,85\dots0,90$ -к.п.д, цилиндра;

Принимаем предварительно  $D=90$ мм,  $d=35$ мм и  $p=0,4$ МПа.

$$Q = 0,785 \cdot (90^2 - 35^2) \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 1835 \text{ Н}$$

$$N_1 = N_2 = \frac{\sin \alpha}{2} \cdot \frac{Q}{2} = 459 \text{ Н}$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $\alpha = 90^\circ$ .

$$M_{\text{тр}} = d \cdot (N_1 + N_2) = 0,0094 \cdot (459 + 459) = 8,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 8,6 > M_{\text{свд}} \cdot k = 4,7$$

Выбранный пневмоцилиндр обеспечивает рассчитанное усилие зажима.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Сун Вэньлинь

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ИШНПТ ОМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 машиностроение

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Анализ конкурентных технических решений 2. SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Планирование работ. 2. Разработка графика Ганта 3. Формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	Канд.экон.наук		01.02.2021г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Сун Вэньлинь		01.02.2021г.



### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **3.1. Общая информация**

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсо-сбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### **3.2. Потенциальные потребители результатов исследования**

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки. Сегментировать рынок производителей валов для генератора волн можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид производства валов для генератора волн (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Карта сегментирования вида разработок по производству вал генератора волн

		Вид валов для генератора волн			
		роликовый	дисковый	кулачковый	электромагнитный
	Крупные	I	II	I	II

<b>Качество детали</b>	Средние	II	I		III
	Мелкие		III	III	

Примечание:

I -Фирма А: Ханлан-морская энергия, ООО, находится в Китае

II -Фирма Б : Первоуральская компания, находится в России

III -Фирма В : Харбинский электротехнический завод, находится в Китае

### 3.3. Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о валах различного характеристика:

1) по какой форма вал генератора лучше для исследования энергетического оборудования

2) по какому размеру вал генератора для исследования энергетического оборудования

Детальный анализ необходим, так как каждый тип вала имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.2 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.2 – Оценка конкурентоспособности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии (вала для генератора волн) оценки ресурсоэффективности							
1. Квалифицированный персонал	0,02	3	2	2	0,06	0,04	0,04
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	2	2	4	0,4	0,4	0,8
3. Малые габариты	0,01	4	1	1	0,04	0,01	0,01

4. Операционные затраты	0,02	4	3	2	0,08	0,06	0,02
5. Надежность	0,3	5	2	4	1,5	1,0	1,2
6. Уровень шума	0,01	4	1	2	0,04	0,01	0,02
7. Безопасность	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
8. Удобство в сборке	0	1	2	2	0	0	0
9. Функциональная мощность(предоставляемые возможности)	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
10. Простота эксплуатации	0	5	4	4	0	0	0
11. Качество интеллектуального интерфейса	0	1	1	1	0	0	0
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0	1	1	1	0	0	0
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	2	2	0,08	0,04	0,04
3. Цена	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,04	4	2	2	0,16	0,08	0,08
6. Финансирование научной разработки	0,03	3	3	3	0,09	0,09	0,09

7. Срок выхода на рынок	0,01	3	2	2	0,03	0,02	0,02
8. Наличие сертификации разработки	0,04	5	4	2	0,2	0,16	0,08
Итого	1	72	53	49	3,94	3,12	3,18

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.4. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Малые габариты..	Сл1. Развитие новых технологий
С2. Наличие опытного руководителя	Сл2. узкий ассортимент выпускаемой продукции
С3. Использование Современного оборудования	Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала
С4. Актуальность проекта	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Адекватные бюджет производства	Сл5. Вероятность получения брака.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>

В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.
В3. Внедрение технологии в энергетической области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.4 – 3.7.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	-	-	-	-
	В2	-	+	+	-	-
	В3	-	+	-	+	-
	В4	+	-	+	-	-

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	-	-	+	+	+

	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	+	-	-	-

Таблица 3.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>  С1. Малые габариты.  С2. Наличие опытного руководителя	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>  Сл1. Развитие новых технологий  Сл2. узкий ассортимент выпускаемой продукции
--	--	---

	<p>С3.Использование Современногооборудования</p> <p>С4.Актуальность проекта</p> <p>С5. Адекватные бюджет производства</p>	<p>Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала</p> <p>Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p> <p>Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Внедрение технологии в энергетической области.</p> <p>В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В2С2С3. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.</p> <p>В3С2С4. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в аэрокосмической области.</p> <p>В4С1С3. Низкая цена исходного сырья и высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В1Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований и</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p>У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития.</p> <p>У2С2. Наши продукты обладают лучшими</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>У1Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>

сертификации программы.	механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.	
-------------------------	--	--

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. К таким факторам относится:

- 1) трудности популяризации новых технологий
- 2) увеличение производственных затрат
- 3) изделие заменен другими деталями

Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

### **3.5. Планирование научно-исследовательских работ**

#### **3.5.1. Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
----------------	-------	------------------	-----------------------



Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер Научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

В большинстве случаев затраты на рабочую силу составляют большую часть затрат на разработку, поэтому важно определить трудоемкость каждого участника исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож } i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}$$

(3.2)

где  $t_{\text{ож } i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min } i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max } i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (3.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{kal} \quad (3.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$K_{kal}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{kal.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.5)$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож\ i}$ , чел-дни		














	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	$T_{pi}$	$T_{ki}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13

<b>Итого:</b>	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102
---------------	---	----	----	----	------	----	------	-----

Примечание: Исп. 1 – Научный руководитель, Исп. 2 –Инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	 											
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			 									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5								 				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:  – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер-дипломник)

### 3.6. Бюджет научно-технического исследования

### 3.6.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты представим в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы $Z_m$ , руб.
Картридж для лазерного принтера	шт.	1	3490	3490
Бумага для принтера А4 (500 листов)	пачка	2	200	400
Спец. материалы	шт.	5	350	1750
Итого, руб.				5640

В сумме материальные затраты составили 5640 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

### 3.6.2. Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и 89 эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

(3.6)

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m$$

(3.7)

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

Таблица 3.13 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	МВ.из. мес.	$H_A$ %	$A_{AMO}$ . руб.
1	ПЭВМ	1	3	50	50	0,6	33	4167
2	ПРИНТОР	1	4	16	16	0,7	25	1000
3	КСЕРОКС	1	7	34	34	0,7	14	1190
Итого								6357

### 3.6.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Таблица 3.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (3.7)$$

где  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$\begin{aligned} З_{дн} &= \frac{З_m \times M}{F_d} = \frac{55000 \times 10,3}{246} \\ &= 2303 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3.8)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$\begin{aligned} З_{дн} &= \frac{З_m \times M}{F_d} = \frac{36000 \times 11,2}{246} \\ &= 1639 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} З_m &= З_{мс} \cdot (1 + K_{пр} + K_d) \cdot K_p = 28000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ &= 54600 \end{aligned} \quad (3.10)$$

– для инженера:

$$\begin{aligned} З_m &= З_{мс} \cdot (1 + K_{пр} + K_d) \cdot K_p = 18500 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ &= 36075 \end{aligned} \quad (3.11)$$

где  $З_{мс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.15. – Результаты расчета основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	З <sub>мс</sub> ·руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> ·руб	З <sub>дн</sub> ·руб	Т <sub>р</sub> ·раб.дн.	З <sub>осн</sub> ·руб
Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2303	13,5	31090,5
Инженер	18500	0,3	0,2	1,3	36075	1639	68,5	112271,5
Итого:								143362

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 31090,5 = 4663,6 \text{ руб} \quad (3.12)$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 112271,5 = 16840,7 \text{ руб} \quad (3.13)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Проведем расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} З_{\text{внеб}} &= K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \times (31090,5 + 4663,6) \\ &= 10726,2 \text{руб} \end{aligned} \quad (3.14)$$

– для инженера:

$$\begin{aligned} З_{\text{внеб}} &= K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \times (112271,5 + 16840,7) \\ &= 38733,7 \text{ руб} \end{aligned}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

В накладные расходы влечены прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов



исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{пр}} \quad (3.16)$$

где  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 0,16.

### 3.6.4 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 3.16 – Бюджет затрат на проектирование

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Сырье, материалы	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Бюджетная стоимость
5640	6357	143362	21504,30	49459,86	226323,2 2	36211,71	<b>262534,9</b> <b>3</b>

### 3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности.

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (3.17)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 3.17 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	4
2. Стабильность работы	0,2	5
3. Долговечность	0,2	4
4. Механические свойства	0,15	4
5. Материалоемкость	0,15	5
Итого	1	4,35

### **Выводы:**

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны; возможности и угрозы реализации. По сравнению с другими методами, результатом анализа конкурентных технологических решений является выбор наиболее подходящей и оптимизированной программы для проведения исследовательской работы.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта. По итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта –102 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 262534,93 руб.

Показатель ресурсоэффективность по пятибалльной шкале  $I_p = 4,35$ , что говорит об эффективной реализации проекта. На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154A71	Сун Вэньлинь

<b>ШКОЛА</b>	ИШНПТ	<b>Отделение</b>	материаловедение
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 машиностроение

**Тема дипломной работы: Разработка технологии изготовления детали «Вал генератора волн»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>1. Характеристика объекта исследования</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вещество,</li> <li>• материал,</li> <li>• прибор,</li> <li>• алгоритм,</li> <li>• методика,</li> <li>• рабочая зона и области его применения.</li> </ul>	<p>Объектом исследования является участок цеха, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.</p> <p>Рабочая зона–участок цеха.</p> <p>Область применения: автоматизация технологического процесса.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <p>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Приведены:</p> <p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03,ФЗ – 197.</p>
<b>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>• действие фактора на организм человека;</li> <li>• приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>• предлагаемые средства защиты: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ сначала – коллективной защиты,</li> <li>○ затем – индивидуальные защитные средства.</li> </ul> </li> </ul> <b>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>• термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>• электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> </ul> <p>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>	<p><b>Анализ выявленных опасных производственных факторов на рабочем месте:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• короткое замыкание питания</li> <li>• пожар из-за горения горючих материалов</li> <li>• Эксплуатация механизированного оборудования</li> <li>• опасность поражения статическим электричеством</li> <li>• Производственное оборудование со слишком высокой или слишком низкой температурой</li> </ul> <p><b>Анализ выявленных вредных факторов:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Осветительное оборудование с низким КПД или недостаточной интенсивностью света на рабочем месте;</li> <li>• параметры микроклимата не оптимальных в помещении;</li> <li>• громкий шум или вибрация из оборудования;</li> <li>• вредные вещества и запыленность в воздухе;</li> </ul>

	<b>Психофизические факторы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенная нагрузка на органы зрения</li> <li>• длительные статические нагрузки;</li> <li>• монотонность труда;</li> </ul> нервно-эмоциональное напряжение.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	В данном разделе производится анализ влияния производства на окружающую среду и способа защиты окружающей среды и утилизации отходов. Утилизация используемой орг. техники, металлическая стружка и люминесцентных ламп.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.1. Потенциальная опасность</li> <li>• 4.2. Противопожарная безопасность</li> </ul>	Оценка пожарной опасности помещения. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	26.02.21г.
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин Александр Иванович	Д.т.н.		26.02.21г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Сун Вэньлинь		26.02.21г.

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

В данном разделе проводится анализы вредных и опасных факторов труда технолога, разработка мер защиты и мер предосторожности от них, оценка условий труда микроклимата рабочей среды, и оценка помещения по электробезопасности. В данном разделе также рассмотрены вопросы производственная безопасность, охраны окружающей среды и пожарной профилактики, даются предложения созданию условий труда с ссылкой на соответствующий технический документ.

При проектировании рабочих мест и определении операции производства учтены освещенность, вибрация, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ к организации рабочих мест. В производственном цехе обработки механических деталей невозможно избежать образования шума, поэтому при выборе производственного оборудования и инструментов учитывает допустимый для человеческого тела диапазон шума (максимальный диапазон частот для человеческого уха, в среднем – от 20 до 20 000 Гц , в молодости – лучше слышен среднечастотный звук с частотой 3 КГц, в среднем возрасте – 2-3КГц, в старости – 1КГц).

#### **4.1Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

**Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

**Согласно СН 245-71, в системах панельного отопления средняя температура обогреваемой поверхности должна предусматриваться не выше:**

а) на обогреваемой поверхности пола 26 °С, за исключением полов в вестибюлях и других помещениях с временным пребыванием

людей, где температуру на обогреваемой поверхности пола допускается предусматривать до 30 °С;

б) на обогреваемой поверхности потолка при высоте помещения:

2,5-2,8 м - 28 °С;

2,9-3,0 м - 30 °С;

3,1-3,4 м - 33 °С;

в) на обогреваемой поверхности перегородок и стен на высоте до 1 м от уровня пола 95 °С, а выше 1 до 3,5 м - 45 °С

## 4.2. Производственная безопасность

### 4.2.1 Анализ условий труда на рабочем месте

Рабочее место соответствует требованиям ГОСТ 12.2.003-91 и настоящего стандарта. Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, обеспечивает безопасность, охрану здоровья и работоспособность работающих. Также надо учитывать возможность некоторых чрезвычайных ситуаций. Наиболее вероятной ЧС является мороз, в связи с тем, что цех механообработки находится в городе Томске, где температура зимой низкая.

Основными опасным и вредными фактором на заводе являются:

- экстремальные значения температуры;
- повышенный шум;
- слишком высокая влажность;
- повышенный уровень различных излучений (инфракрасных, УФ, тепловых, электромагнитных и др.);
- загазованность и запыленность;
- слабая или чрезмерная освещенность, мигающий свет и прочие.

Таблица 4.1 -Вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список
2.Превышение уровня шума		+	+	

3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

#### 4.2.2. Анализ показателей микроклимата

Санитарными нормами и правилами СанПиН 2.2.2548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» регламентируются требования к микроклимату производственных помещений. Данные правила предназначены для предотвращения воздействия микроклимата производственных помещений на трудоспособность, состояние и здоровье человека.

Микроклимат в производственных помещениях определяется следующими параметрами:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Когда температура воздуха в производственном цехе высока, кровеносные сосуды кожи расширяются, кровь, текущая к поверхности тела, увеличивается, а выделение тепла в окружающую среду также значительно увеличивается. При более низких температурах окружающей среды человеческое тело реагирует по-разному: кровеносные сосуды в коже сужаются, кровь, текущая к поверхности



тела, становится медленнее, а теплоотдача от конвекции и излучения уменьшается. Поэтому определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха в рабочей зоне важно для теплового комфорта человека.

Высокая влажность воздуха ( $\phi > 85\%$ ) затрудняет регулирование температуры тела человека, так как снижается испарение пота, а низкая влажность ( $\phi < 20\%$ ) приводит к сухости слизистой оболочки дыхательных путей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Требования к микроклимату в производственном цехе

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	$\leq 0.1$
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	$\leq 0.2$

Руководители предприятий, организаций и учреждений вне зависимости от форм собственности и подчиненности в порядке обеспечения производственного контроля обязаны привести рабочие места в соответствие с требованиями к микроклимату, предусмотренными указанными Санитарными правилами.

#### 4.2.3. Анализ показателей шума и вибрации

Шум на производстве является причиной быстрого утомления работающих, а это приводит к снижению концентрации внимания и увеличению брака. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений.

Артериальное кровяное давление в большинстве случаев изменяется, что способствует общей слабости организма.

Основные источники шума при работе механического оборудования:

- электродвигатель;
- зубчатые передачи;
- гидравлические агрегаты;
- неуравновешенные вращающиеся части станка;
- процесс резания.

Нормативы уровней шума регламентируются «Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах» № 3223—85, утвержденными Минздравом в зависимости от их классификации по спектральному составу и временным характеристикам, виду трудовой деятельности.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

Профилактика воздействия шума:

на производстве необходимо соблюдать ПДУ шума и ограничивать время работы в шумных условиях, заменять шумные технологические операции на бесшумные.

- Установка на оборудовании и конструкциях шумопоглощающих экранов и покрытий позволяет снизить уровень шума на 5-12 дБ.
- Наушники, вкладыши, антифоны снижают проникновение шума в ухо на 10-50 дБ.
- Необходимы предварительные и периодические медосмотры.

Обязательны аудиометрические исследования и контроль за АД.

Длительное влияние вибрации, сочетающееся с комплексом неблагоприятных производственных факторов, может приводить к стойким патологическим нарушениям в организме работающих, развитию вибрационной болезни. При интенсивном вибрационном воздействии не исключена и прямая механическая

травматизация, в первую очередь опорно-двигательного аппарата: мышц, костей, суставов и связочного аппарата.

При работе с ручным механизированным электрическим и пневматическим инструментом применяют виброрукоятки и средства индивидуальной защиты: резиновые коврики, рукавицы с двойным слоем (внутренний хлопчатобумажный, наружный резиновый), антивибрационные пояса. Классификация средств защиты от вибрации подробно изложены в ГОСТ 12.1.012-90. «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.046-78. «ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация».

#### **4.2.4. Анализ освещенности рабочей зоны**

Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки, ОТК. (Г-0.8)» составляют 300 люкс.

Проектирование искусственного освещения производственного помещения составляются:

- выбор системы освещения,
- выбор типа и размещения светильников
- определение необходимого числа светильников

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 12$  м, ширина  $B = 8$  м, высота = 4 м (тип светильника: двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников). Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м.

$$\text{Площадь помещения: } S = A \times B, \quad (4.1)$$

где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной

решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda=1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Размещение светильников в производственном помещении определяется размерами принципиальная схема в рисунке 4.1, м:

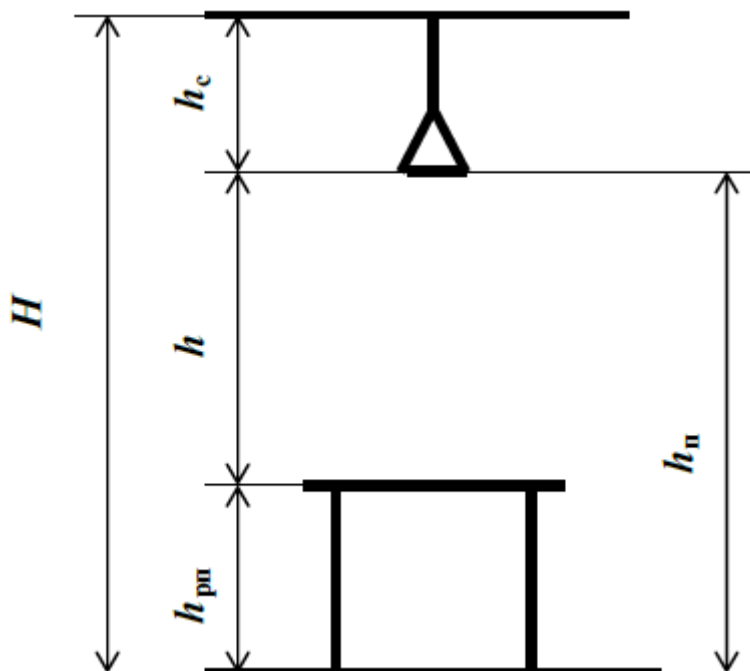


Рисунок 4.1 Основные расчетные параметры

$H$  – высота помещения = 4;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес) = 0,5;

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (4.2)$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса = 4,  $h_p$  – высота рабочей поверхности над полом = 0,8.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 4$  м

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 0,8 - 0,5 = 2,7 \text{ м.} \quad (4.3)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,7 = 3,24 \text{ м} \quad (4.4)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{8}{3,24} = 2,5 \approx 3 \quad (4.5)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{12}{3,24} = 3,7 \approx 4 \quad (4.6)$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12 \quad (4.7)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{3,24}{3} = 1,08 \text{ м} \quad (4.8)$$

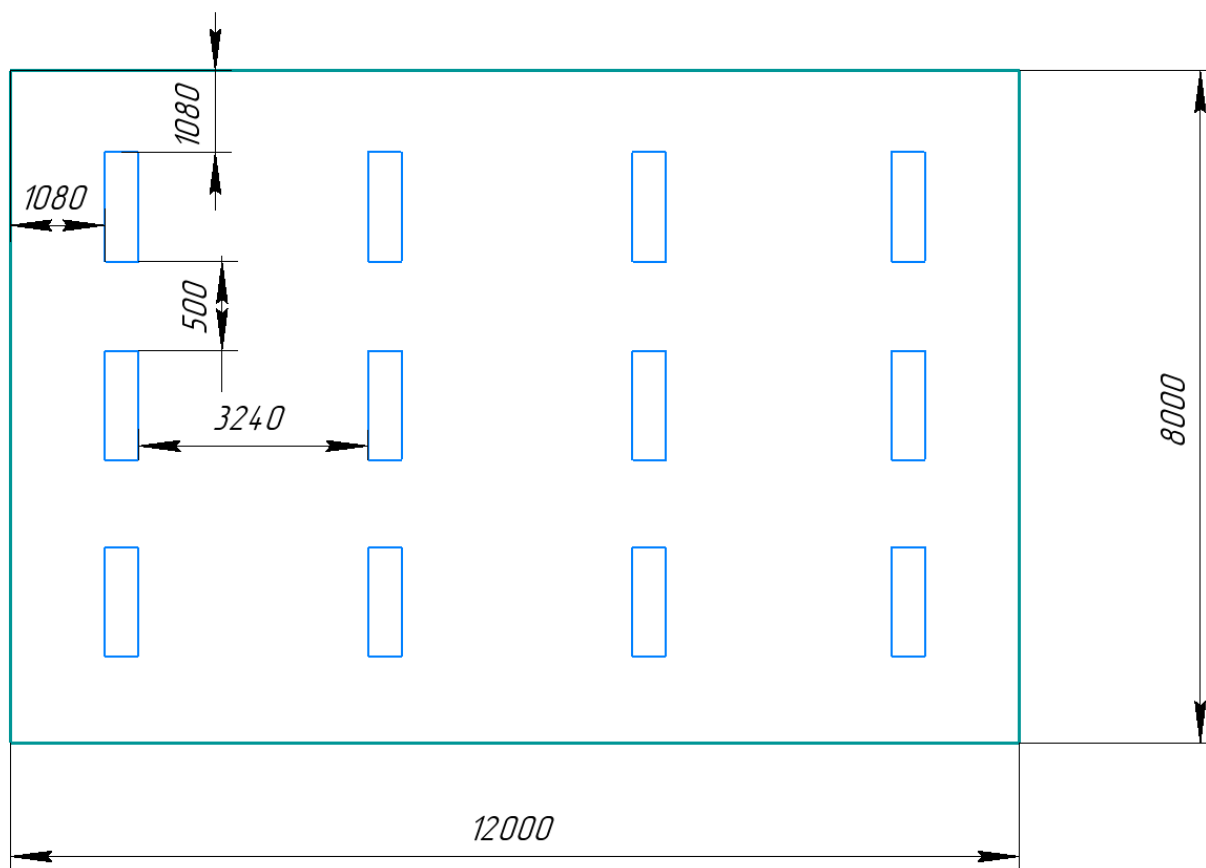


Рисунок 4.2 Схема расположения светильников

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{10 \cdot 8}{2,7 \cdot (10+8)} = 1,65 \quad (4.9)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 1,65$  равен  $\eta = 0,61$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,65} = 5193 \text{ лм} \quad (4.10)$$

Где:

$E$  - нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$S$  - площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей) (наличие в атмосфере цеха дыма, пыли);

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$N$  - число светильников;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока (Определяем по таблице).

Рассчитав световой поток  $\Phi$ , зная тип лампы, выбирается стандартная ближайшая лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Если необходимый поток светильника выходит за пределы диапазона (-10 ÷ +20%), то корректируется число светильников  $n$  либо высота подвеса светильников.

Выбираем лампу дневного света ЛБ 80, со световым потоком  $\Phi_{\text{ЛД}} = 5200$  Лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%; \quad (4.11)$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{5200 - 5193}{5200} \cdot 100\% = 0,13\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 0,13\% \leq 20\%$  , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы диапазона.

#### 4.2.5. Анализ электробезопасности

Электробезопасность — система организационных и технических

мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрические установки, используемые на производстве, представляют большую потенциальную опасность.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- установление класса электроопасности помещения
- защитное заземление;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- защитные ограждения,
- разделительные трансформаторы
- средства индивидуальной защиты.
- специальные приборы, предметы, обувь, одежда и лекарственные препараты.

К средствам защиты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

#### **4.2.6. Анализ пожарной безопасности**

Основными причинами пожаров механическом цеху являются нарушения технологического процесса; неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки); неудовлетворительная подготовка оборудования к ремонту; самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных

к самовозгоранию; износ и коррозия оборудования; неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на ремонтируемых или законсервированных аппаратах и трубопроводах; искры при электро- и газосварочных работах; конструктивные недостатки оборудования и др.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами (ГОСТ 12.1.004–90 ССБТ и ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ). Пожарная безопасность обеспечивается мероприятиями профилактического характера и устройствами систем пожаротушения и взрывозащиты.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. К первичным средствам пожаротушения относятся: огнетушители, пожарные щиты, укомплектованные шанцевым инструментом (багор, кирка, лопата); ящики с песком, асбест, войлок (кошма) и емкости с водой. Литейный цех снабжен порошковыми огнетушителями ОП-10 и ручными углекислотными огнетушителями ОУ-2, ОУ-5, ведрами, ящиками с песком и лопатами. Их количество определяется нормами в зависимости от назначения помещения и пожарной опасности технологического процесса. В случае возникновения пожара предусмотрены пути эвакуации и эвакуационные выходы людей. Согласно требованиям ТКП 45-2.02-279-2013 ширина проходов 2 м и высота от пола до низа выступающих частей 2 м, а число выходов 3. К эвакуационным выходам относятся двери, ворота, проемы.

Для обеспечения сотрудникам безопасности на предприятии, предлагается осуществить ряд мер:

1. На каждой двери служебного либо складского помещения следует разместить таблички, оповещающие об уровне пожароопасности;
2. Все противопожарные системы и установки с автоматическим



управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;

3. Специальные наружные пожарные лестницы и защитные ограждения на крыше должны проверяться специалистами как минимум два раза в год. Обязательно составление заключения;

4. В каждом помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;

5. После каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить. Необходимо отключать от электросети аппараты (исключение составляют те, которые должны работать по назначению круглосуточно);

6. Необходимо разработать и развесить на видных местах каждого цеха планы эвакуации при пожаре.

#### **4.3 Экологическая безопасность**

Выбросы машиностроительных предприятий в окружающую среду:

- Сточные воды;
- Твердые отходы;
- Выбросы в атмосферу (газы, пары, аэрозоли);
- Энергетические выбросы (тепловые, шум, вибрации, электромагнитные поля, различного вида излучения).

По степени и характеру воздействия таких показателей, как объемы промышленных отходов, выделяют кроме топливно-энергетических, металлургических, химико-лесных, строительных также машиностроительные комплексы.

Для приготовления СОЖ, промывки изделий в больших объемах используется вода, которая в результате использования для технологических целей в значительной степени загрязняется металлической пылью, абразивными и другими мелкодисперсными механическими примесями, кроме того, в ней как правило содержатся различные масла, сода, растворители. С целью

предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду применяют различные методы очистки, самыми распространёнными из которых являются: процеживание, фильтрование, флотация, отстаивание в специальных отстойниках, используются циклоны и другие инерционные устройства.

Для уменьшения вредных воздействий на окружающую среду, обуславливаемых работой металлорежущего оборудования применяется обильное охлаждение режущих инструментов при помощи эмульсии, что приводит к снижению пыли - и газовыделений при обработке, особенно на шлифовальных станках. При этом снижается также тепловыделение. Рекомендуется применение на станках различных отсасывающих пыль и стружку устройств, что также позволит сократить пылевыведение и, кроме этого экономить материалы.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно с Национальные стандарты" 2010 год ОКС 13.200, Ликвидацию ЧС проводят с целью спасения жизни и сохранения жизни и здоровья людей, снижения размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также локализации зоны ЧС, прекращения действия характерных для них опасных факторов.

Ликвидация ЧС включает следующие основные мероприятия:

- -разведку с целью выявления вида ЧС, обнаружения источников опасности, определения масштаба и границы зоны ЧС, непрерывное наблюдение и контроль за изменением обстановки в зоне ЧС;
- анализ данных разведки, наблюдение, контроль и оценку обстановки в зоне ЧС;
- принятие решения на проведение аварийно-спасательных работ и других неотложных работ;
- проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- обеспечение процесса ликвидации ЧС;
- жизнеобеспечение населения и сил ликвидации ЧС.

При пожаре в производственных и рабочих помещениях должна быть отключена вентиляция с механической тягой. После определения источника пожара, вызывают пожарную команду и принимают меры по локализации и ликвидации очага с применением первичных средств пожаротушения.

При возникновении загазованности в помещениях установки, свыше 20% от НКПВ, от датчиков газоанализаторов автоматически включается аварийная вентиляция. Предусматривается так же ручное её включение. Одновременно с этим производят контроль воздушной среды переносными газоанализаторами, выявляют и по мере возможности устраняют причины возникновения повышенной загазованности.

Производство находится в городе Томске, в умеренном климатическом поясе. Природные катаклизмы в данном регионе крайне маловероятны. Наиболее вероятными ЧС на объекте могут быть сильные морозы и теракт.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

## **Выводы**

В этом разделе «Социальная ответственность» проанализируем вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в процессе промышленного производства, и выдвинули разумные предложения по улучшению производственной среды в ответ на связанные с этим проблемы. Основная цель этой части - улучшить условия труда рабочих, обеспечить безопасность жизни и физическое здоровье рабочих во время производственного процесса, а также минимизировать загрязнение окружающей среды, вызванное промышленными выбросами. Старайтесь избегать ненужных имущественных потерь.

## **Заключение**

В ходе выпускной квалификационной работы, я выполнил всего четырех частей: технологическая; конструкторская; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность.

В разделе «Технологического» и «Конструкторского» были сделаны схема и анализ конструкции детали, определение материала, тип производства, режущих инструментов и оборудования, операция для разработки вал генератора волн в реальном производственном процессе. В данном ходе я еще выполнил нужные расчёты для технических и конструкторских размеров и проектировал приспособление, которое соответствует к сверловому оборудованию.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проводился SWOT-анализ проекта и анализ рыночного условия к валу генератора волн.

В разделе «Социальная ответственность» я анализировал возможные вредные и опасные факторы в процессе разработки и в производственном помещении. И выдвинул соответствующие предложения и превентивные меры.

## Список литературы

1. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ОООИД «Альянс», 2015. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.М. Дальского и А.Г. Сулова. Пятое издание, исправленное. 2003. – 943 с, илл.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойн и др.; под общ. Ред. А.А. Панова. - Машиностроение, 1988. - 736 с.: ил. - 450-7 5-217-00032-5.
5. Ансеров М. А., Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции – Л.: «МАШГИЗ», 1960, 638 с.
6. Справочник конструктора-инструментальщика/Под общ. ред. В.А. Гречишникова и С.В. Кирсанова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с.
7. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: учебное пособие для вузов [Гриф УМО]/ В. П. Должиков. - 2-е изд., стер. -Электрон. текстовые дан.-Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2016.-327 с.
8. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.-195 с.

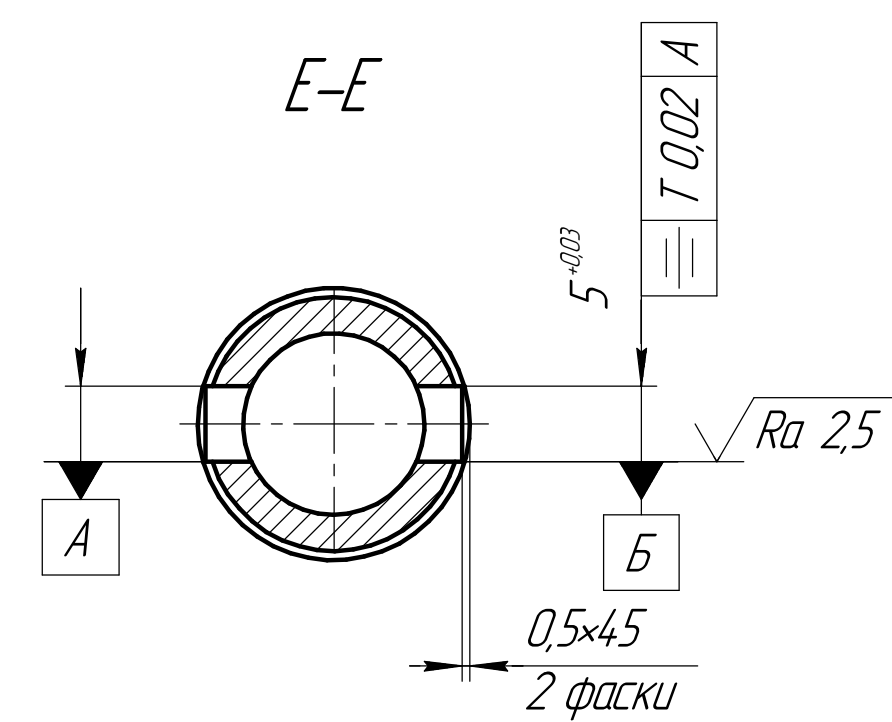
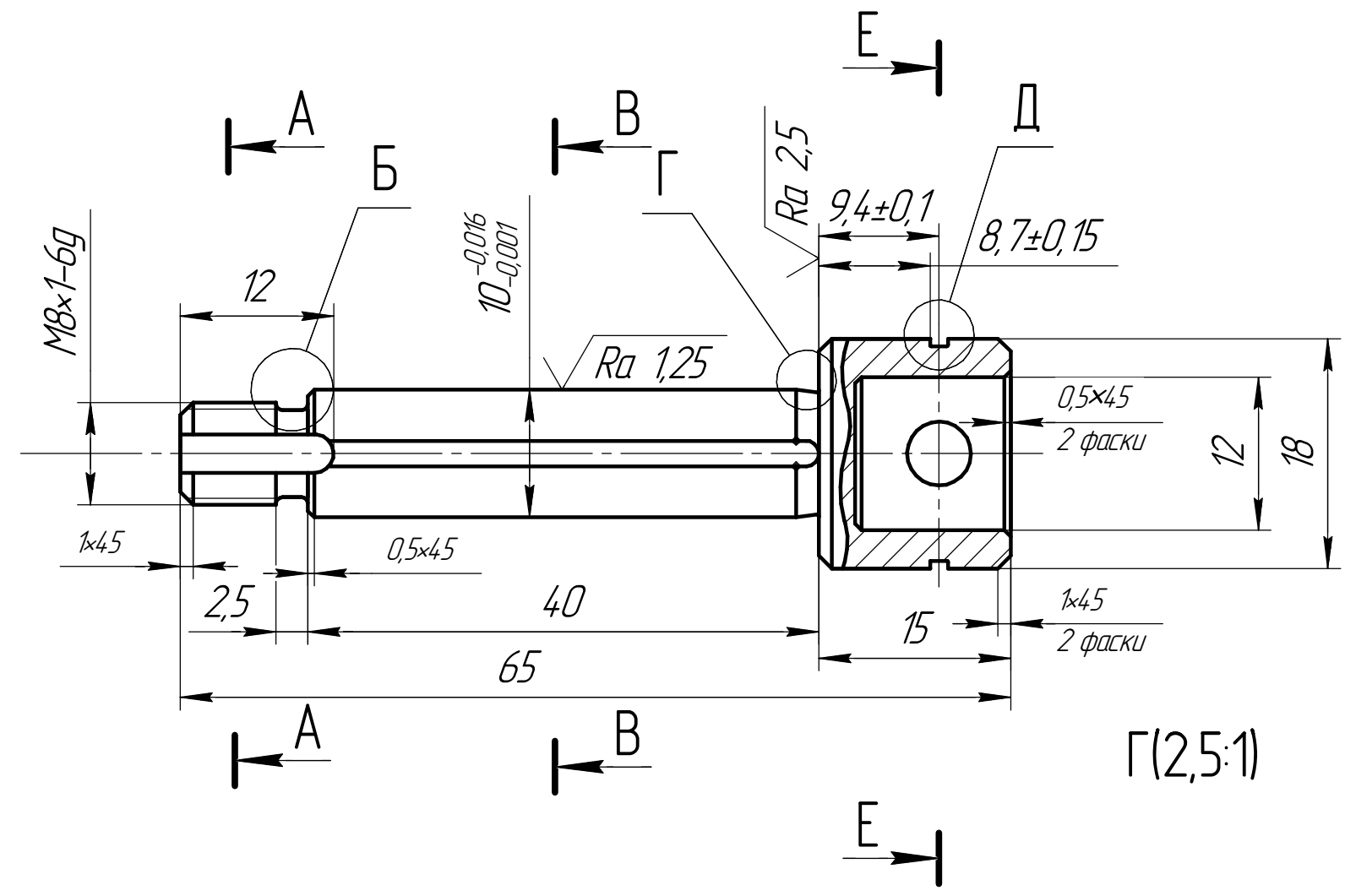
## Приложение А. Чертёж детали

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

ИШНПТ-154А90009.001

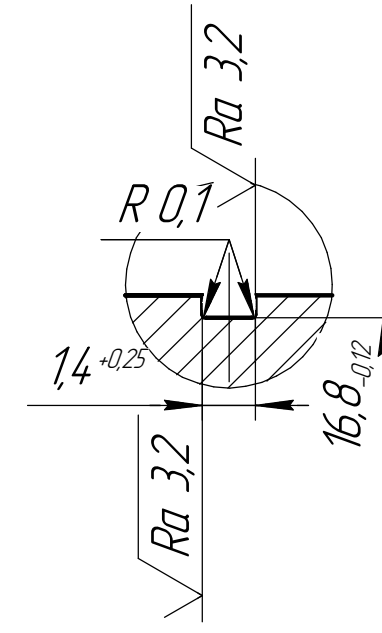
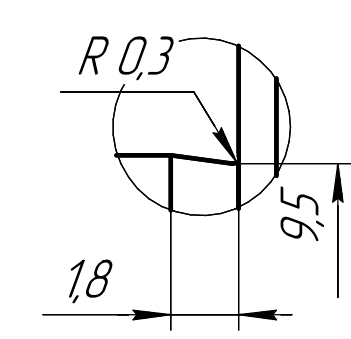
$\sqrt{Ra\ 12,5(\checkmark)}$

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

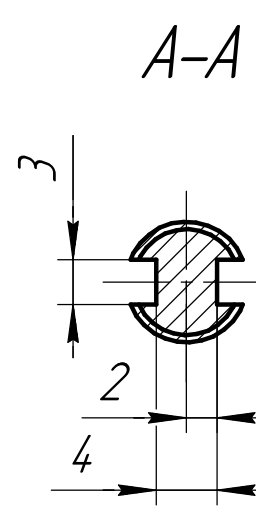


Г(2,5:1)

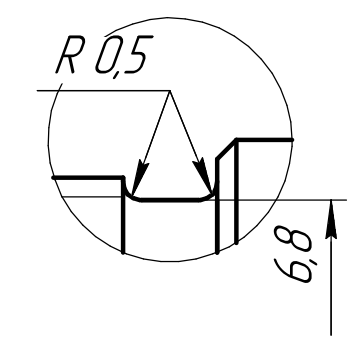
Д(2,5:1)



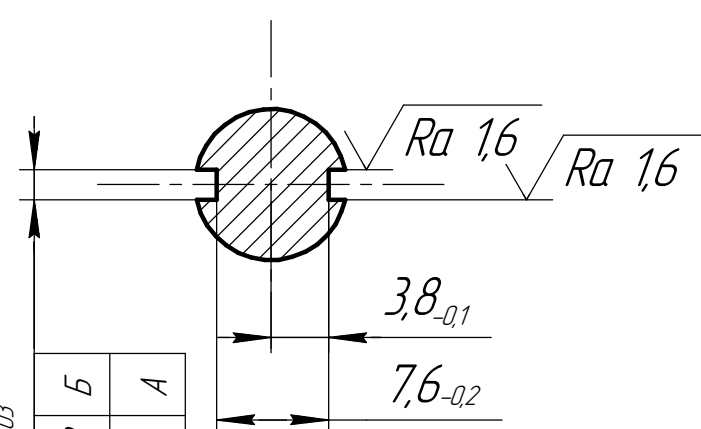
1 HB 260...290.  
2 H12, h12, ±2.



Б(2,5:1)



В-В



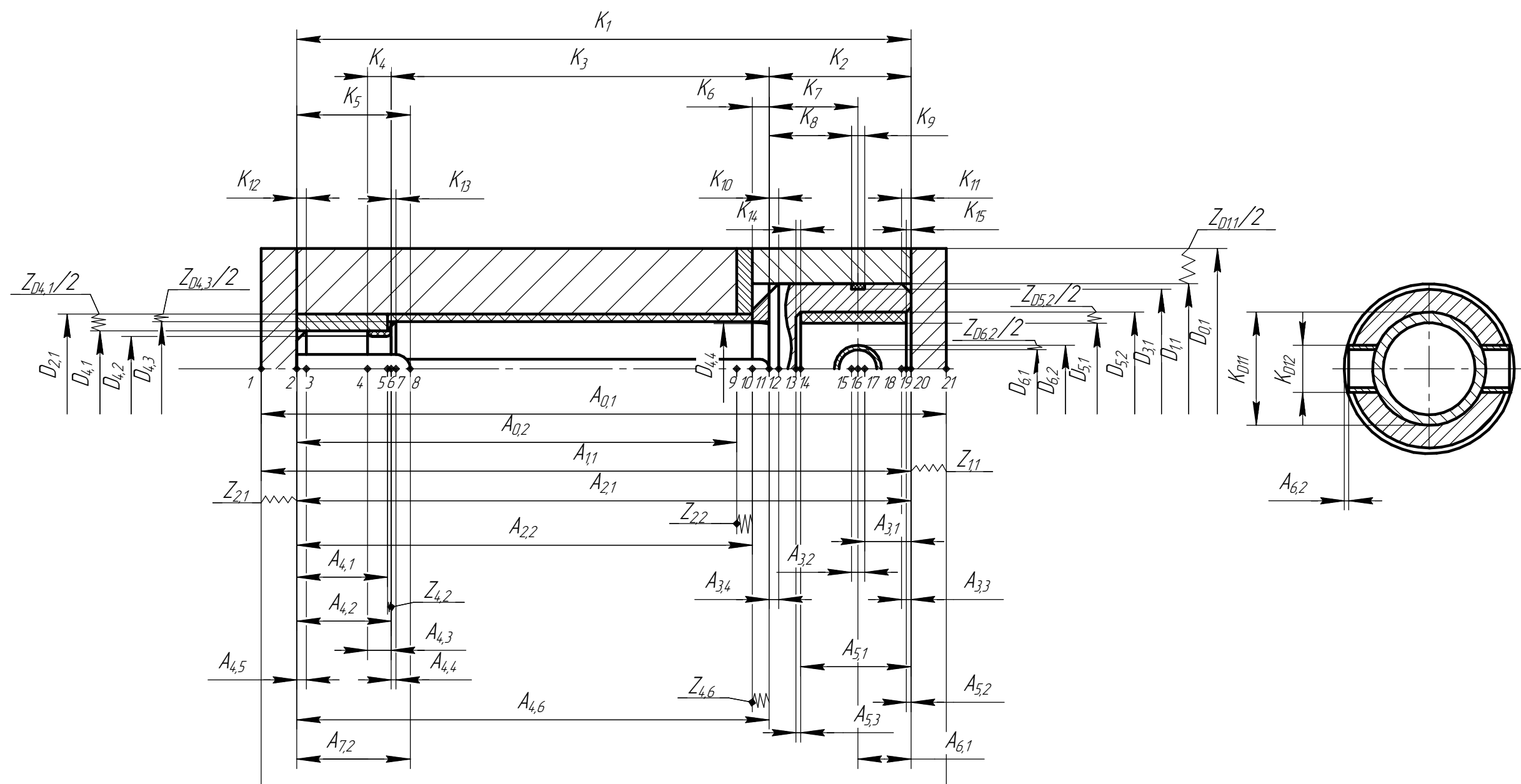
ИШНПТ-154А90009.001					Лит.			Масса	Масштаб
Вал									2:1
Сталь 45 ГОСТ 1050-74					Лист			Листов	1
154А71									
Копировал					Формат А3				

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Сун Вэньлинь		
Пров.	Коротков В. С.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

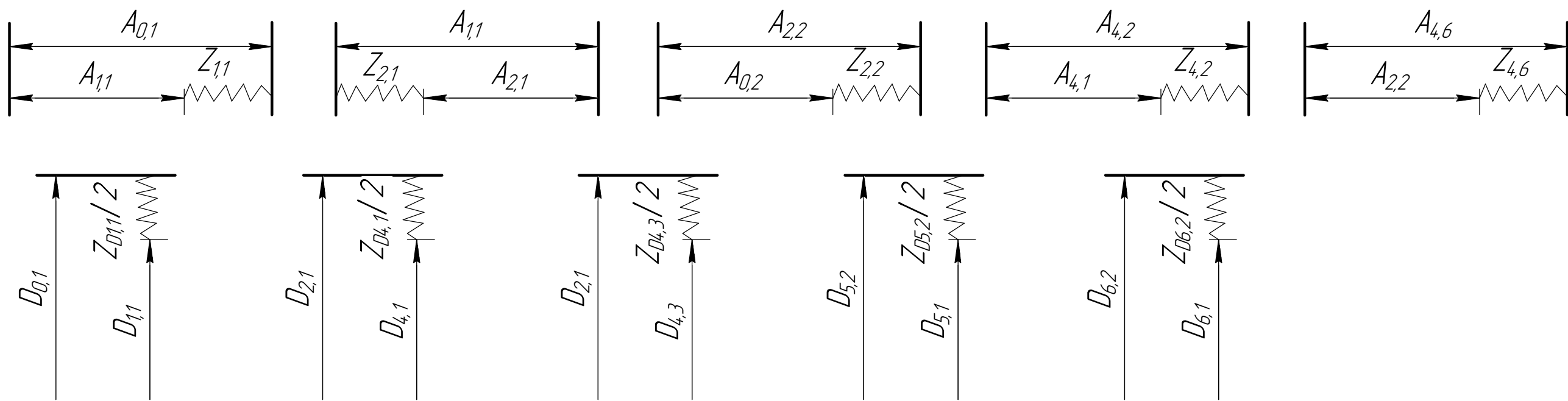
## Приложение Б. Размерный анализ



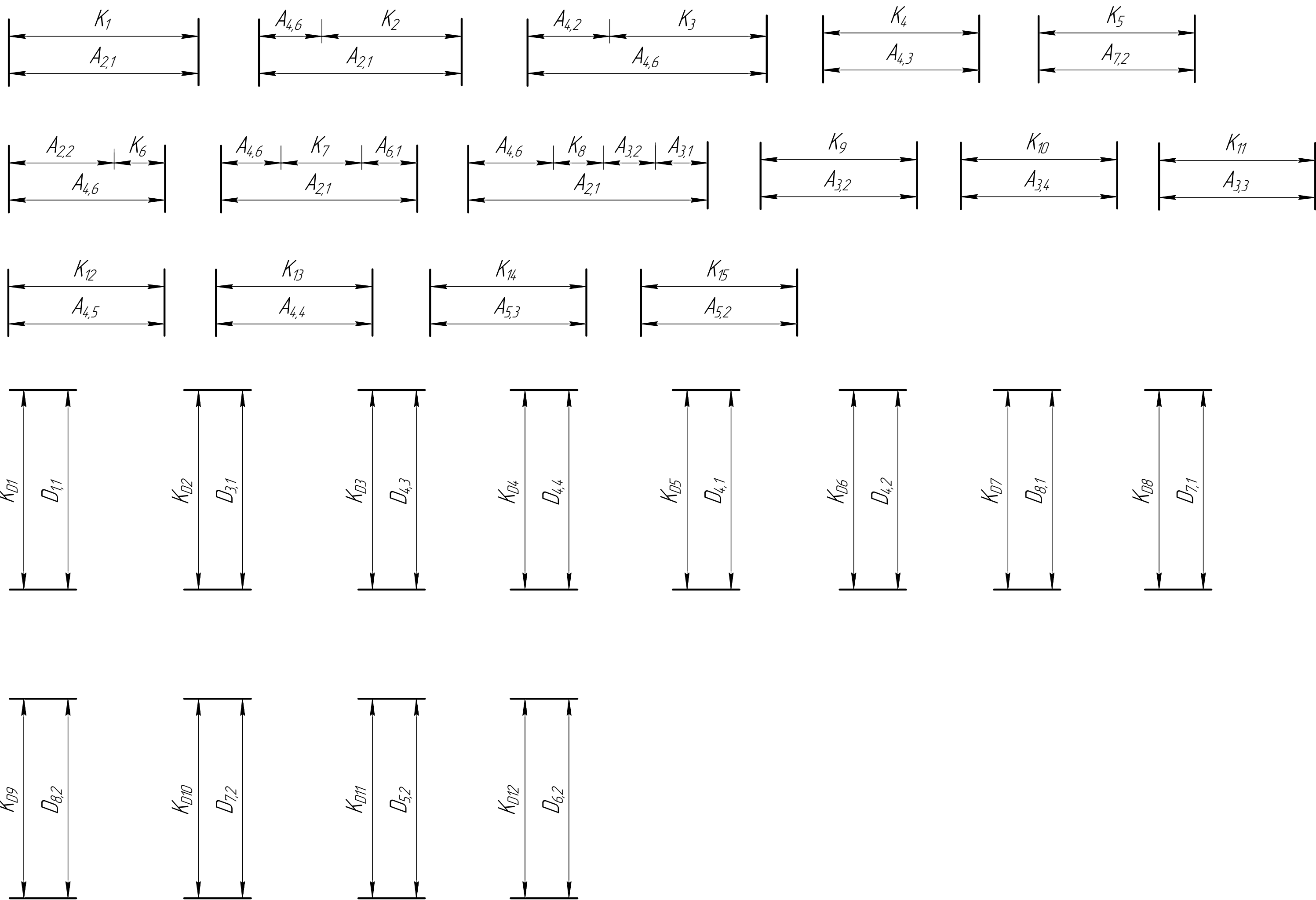
Размерная схема



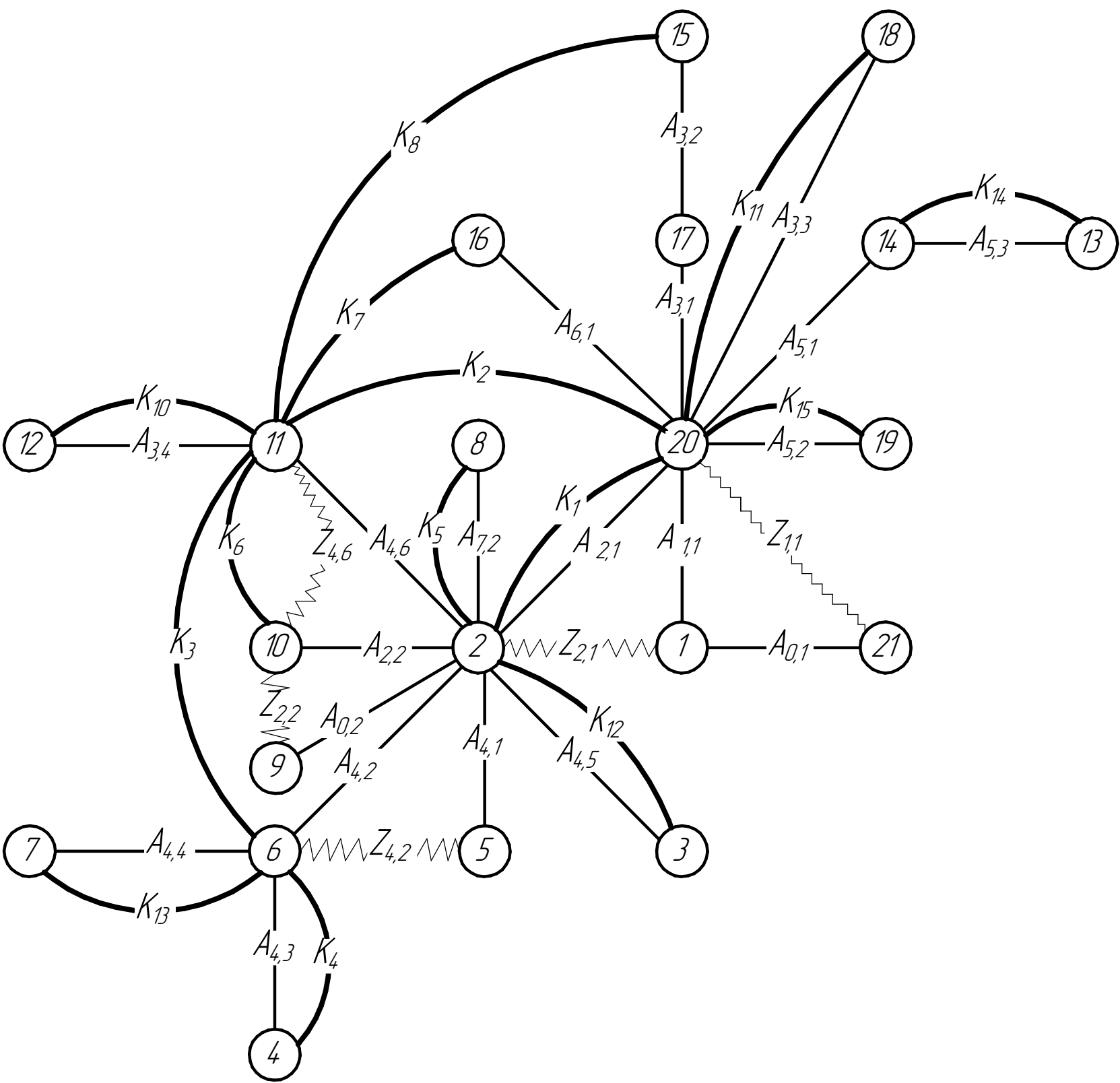
Технологические размерные цепи в которых замыкающими звеньями являются припуски



Технологические размерные цепи в которых замыкающими звеньями являются конструкторские размеры



Граф технологических размерных цепей



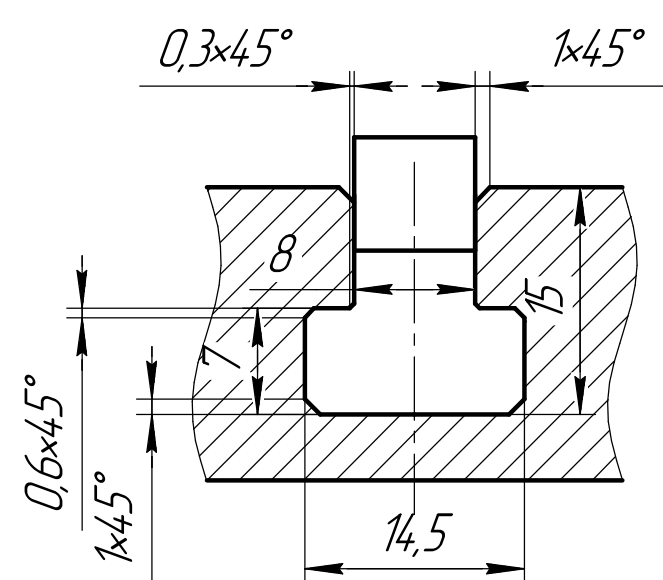
## Приложение В. Техническая карта



					ИШНПТ-154А90009.003	Лист
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			2



## Приложение Г. Приспособление



- Технические характеристики
1. Усилие зажима  $Q = 443 \text{ Н}$  при давлении в системе до  $0,4 \text{ МПа}$
  2. Рабочий ход поршня  $10 \text{ мм}$
  3. Способ установки детали на приспособление – ручной

- Технические требования*
- 1. Подвижные части смазать смазкой Циатим-201 ГОСТ 6267-74.*
  - 2 \* Размеры для справок*
  - 3. Неуказанные радиусы скругления 3.5мм*
  - 4. Места под крепление по ГОСТ 14 737-69*
  - 5. Призмы опорные по ГОСТ 12195-78*

						ИШНПТ-154А90009.004				
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приспособление			Лит.	Масса	Мощность	
Разраб.	Сун. Взыльич									
Проед.	Коротай В. С.									
Т. контр.							Лист	Листов	?	
Исполн.	Умб.						ИШНПТ ПТУ Группа 154А71			



КОМПАС-3D v18.1 Чертящая версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A1					1	